

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
Departamento de Anatomía y Embriología Humana I



**ESTUDIO MORFOFUNCIONAL DE LA INERVACIÓN
LARÍNGEA**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR**

Carlos Martín Oviedo

Bajo la dirección de los doctores

Bartolomé Scola Yurita
M^a Teresa Vázquez Osorio
Eva Maranillo Alcaide

Madrid, 2013

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
DE MADRID**

FACULTAD DE MEDICINA

Departamento de Anatomía y Embriología Humana I



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
MADRID**

**ESTUDIO MORFOFUNCIONAL DE LA INERVACIÓN
LARÍNGEA**

TESIS DOCTORAL

Carlos Martín Oviedo

Madrid-2012



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
MADRID

D. Bartolomé Scola Yurrita; Doctor y Profesor Asociado de Otorrinolaringología, Dña Eva Maranillo Alcaide, Doctora y Profesora Titular de Anatomía Humana y Dña M^a Teresa Vázquez Osorio, Doctora y Profesora Titular de Anatomía Humana. Todos ellos pertenecientes a la Universidad Complutense de Madrid.

HACEN CONSTAR:

Que la Tesis Doctoral que presenta a superior juicio del Tribunal D. Carlos Martín Oviedo, sobre el tema "*Estudio morfofuncional de la inervación laríngea*" ha sido realizada bajo nuestra dirección.

En nuestra opinión, su autor está capacitado para obtener el título de Doctor, siempre y cuando así lo considere el Tribunal designado para tal efecto por la Universidad Complutense de Madrid.

En Madrid a 26 de enero de 2012

Bartolomé Scola Yurita

Director de la Tesis

Mª Teresa Vázquez Osorio

Directora de la Tesis

Eva Maranillo Alcaide

Directora de la Tesis

FACULTAD DE MEDICINA
CIUDAD UNIVERSITARIA, 28040 MADRID, ESPAÑA

Agradecimientos:

La presente tesis ha sido posible gracias al apoyo y participación de muchas personas a quienes quiero expresar mi gratitud.

En primer lugar quiero agradecer a Bartolomé Scola Yurrita, por ser mi maestro y el modelo a seguir en mi profesión, por su capacidad de estímulo continuo que ha permitido que fuese avanzando en la correcta dirección y por su inestimable demostración de confianza en el trabajo que llevo realizando todos estos años.

Agradezco también a Teresa Vázquez y Eva Marañillo por sus sugerencias e ideas de las que tanto provecho he sacado, por su incommensurable ayuda en la realización de este trabajo y por su respaldo y amistad.

A José Ramón Sañudo por la posibilidad de poner en marcha esta tesis, por ayudarme a conocer y comprender la importancia del método científico y por la ilusión y entusiasmo que me ha transmitido todo este tiempo.

A Tomas Martínez por su paciencia y gran apoyo en la realización de parte del trabajo hospitalario de esta tesis sin lo cual el desarrollo de éste no hubiera sido posible.

A Alex y Gracia por ser unos excelentes compañeros y cubrirme para que yo dedicara parte de mi tiempo hospitalario a la realización de esta tesis.

A Miguel Aristegui por acogerme en la enseñanza de todo su conocimiento y por apoyarme y estimularme en la finalización de este trabajo.

Gracias también al resto de mis queridos compañeros del servicio de Otorrinolaringología del Hospital General Universitario Gregorio Marañón, médicos, enfermeras por su desinteresada ayuda y en especial a los residentes ORL por permitirme trabajar en la redacción de esta Tesis durante las guardias.

A mis padres y hermana sin cuyo amparo incondicional todo lo que hoy soy no hubiera sido posible.

A ti M Carmen por tu amor y comprensión, por las prolongadas tardes de estudio que han hecho posible la realización de este trabajo y por el ánimo que desde un principio a día de hoy sigues dándome para terminarlo.

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	45
3. RESULTADOS.....	59
4. DISCUSIÓN.....	114
5. CONCLUSIONES.....	126
6. BIBLIOGRAFÍA.....	129

1 INTRODUCCIÓN

Introducción:

La laringe presenta uno de los sistemas neurológicos más complejos que existen en el organismo. La alta densidad de fibras motoras de los nervios laríngeos en comparación al pequeño tamaño de su musculatura es un ejemplo que avala este hecho. Esta complejidad neuroanatómica supone en la actualidad que en la era de los trasplantes, todavía la posibilidad de que la laringe sea una candidata es muy reducida, así diversos autores que lo han intentado se han enfrentado a la limitación de conseguir una reinervación selectiva adecuada de la misma, que permita tanto efectuar los movimientos glóticos de aducción y abducción coordinados con la ventilación, como mantener la función valvular de la laringe con una fonación eficaz (Ogura y cols. 1970 ; Berke y cols. 1993).

Además de ésta, se plantean numerosas cuestiones en relación al conocimiento de la neuroanatomía y neurofisiología laríngea, como son por ejemplo las distintas posiciones que adoptan los pliegues vocales en diversos pacientes tras la lesión del nervio laríngeo recurrente a igual nivel, cuestión que carece hoy en día de una teoría avalada por toda la comunidad científica.

Estos hechos ponen en duda el patrón neuroanatómico laríngeo clásico, mostrando la necesidad de actualizar los patrones tanto anatómicos como funcionales de innervación laríngea.

La laringe es un órgano complejo que fisiológicamente desarrolla dos funciones básicas. La primaria y más esencial es la denominada función esfinteriana de la laringe, por tratarse de una estructura móvil que forma parte de la vía aérea cervical, actuando como válvula que impide el paso tanto de los elementos deglutidos como de cuerpos extraños al tracto respiratorio inferior. Por otro lado es el órgano diseñado para la fonación, condicionando esta función al movimiento de los pliegues vocales. Otras funciones secundarias, derivadas de estas, son funciones facilitadas por la realización de maniobras de valsalva como la micción, defecación, parto, levantamiento de pesas, etc. (Fink y Demarest, 1978)

Para que estas funciones sean llevadas a cabo, la laringe ha desarrollado uno de los sistemas de innervación más complejos del organismo.

Clásicamente las descripciones neuroanatómicas sobre la innervación laríngea han sido acogidas como “Dogma” por muchas de las escuelas anatómicas hasta nuestros días, de manera que todavía hoy se enseñan en la mayoría de ellas (Onodi, 1902; Lemere, 1932; Testut y Latarjet, 1972; Williams, 1995) Estas descripciones clásicas afirman que en la innervación laríngea intervienen dos ramas del X par craneal:

1. Una el nervio laríngeo inferior o nervio laríngeo recurrente (NLR), denominado así debido a su trayecto anatómico, en el que tras abandonar el nervio vago toma una dirección craneal hacia la laringe y que tiene un origen diferente en cada lado, así en el lado derecho tiene su origen a nivel de la base del cuello separándose del nervio vago, rodeando la arteria subclavia

por delante en un giro anteroposterior mientras que en el lado izquierdo tiene su origen a nivel torácico rodeando el cayado aórtico. Posteriormente ambos nervios ascienden en busca de la laringe por el ángulo traqueo-esofágico para introducirse en la misma tras superar el borde inferior del músculo constrictor inferior de la faringe o perforar sus fibras. Dentro de la laringe el NLR se divide en dos ramas, ventral y dorsal que posteriormente determinaran cinco ramas terminales. La rama dorsal contribuye como rama terminal a formar el asa de Galeno, siendo una rama comunicante que nace a nivel inferior del canal cricotiroides y asciende cruzando los músculos Cricoaritenoides posterior y Aritenoides hasta unirse con un ramo posterior del nervio laríngeo superior interno, dicha rama puede originarse a nivel extralaríngeo. La rama ventral inerva la mucosa de la glotis e infraglotis, así como a todos los músculos intrínsecos de la laringe (Cricoaritenoides posterior, Aritenoides, Cricoaritenoides lateral y Tiroaritenoides) excepto al músculo Cricotiroides por medio de 1 rama terminal para cada uno de los músculos.

2. Por otro lado del nervio vago tras su salida en la base de cráneo por el foramen yugular a nivel de su ganglio inferior, ganglio plexiforme o ganglio nodoso, se origina el nervio laríngeo superior que desciende hacia la faringe y a nivel del asta mayor del hueso hioides se divide en sus ramas terminales, el nervio laríngeo interno (NLI) y nervio laríngeo externo (NLE). El NLI es notablemente más grueso y relacionada con el pedículo vascular laríngeo superior y que por medio de sus ramas anteriores, medias y posteriores realiza la innervación sensitiva de la mucosa laríngea e hipofaríngea. La rama

posterior se continúa caudalmente conectando con su rama homóloga del nervio recurrente laríngeo para formar el asa de Galeno. Por otro lado el NLE es una rama morfológicamente más delgada que continúa un trayecto descendente para innervar al músculo Cricotiroideo y contribuye a la innervación del músculo constrictor inferior de la faringe. (Onodi, 1902; Lemere, 1932; Testut y Latarjet, 1972; Williams, 1995)

Sin embargo este patrón de innervación laríngeo clásico, ha planteado a lo largo de la historia distintos puntos de discusión que continúan sin estar del todo claros en nuestros días, siendo para muchos autores el patrón de innervación laríngea considerado de mayor complejidad, llegando incluso a compararlo con los plexos nerviosos observados en otras regiones del cuerpo humano, como el tracto Digestivo (Dilworth, 1921)

1 Patrón de innervación de la musculatura intrínseca laríngea:

Uno de los primeros puntos de discusión es el axioma clásico que indica que cada músculo está innervado por una sola rama nerviosa (Onodi, 1902; Lemere, 1932). Este patrón de innervación de la musculatura intrínseca de la laringe ha sido muy discutido a lo largo de la historia. En algunos estudios experimentales de denervación laríngea se llegó a afirmar que cada nervio recurrente laríngeo proporcionaba innervación de forma bilateral a toda la musculatura intrínseca de la laringe (Exner, 1884) aunque este dato por falta de fiabilidad fue a priori rechazado por la mayor parte de los autores. Sin embargo en otros estudios anatómicos y experimentales se obtuvieron datos fiables en los que se afirmaba que el NLR podría suministrar en ciertos

casos alguna rama para el músculo Cricotiroideo (Murtagh y Campbell, 1948; Mayet, 1956).

Actualmente en estudios de microdissección se ha confirmado esta variabilidad en la innervación de la musculatura intrínseca de la laringe (Maranillo y cols., 2003,2005)

Así en la innervación de la **musculatura abductora**, representada por el **músculo Cricoaritenideo posterior**, para el cual clásicamente se había descrito una innervación originada tanto a nivel extralaríngeo de la rama posterior del NLR (Weeks y Hinton, 1942; King y Gegg, 1948; Armstrong y Hinton, 1951; Rustad y Morrison, 1952; Gacek y cols., 1977) como intralaríngeo de la rama anterior del NLR (Dilworth, 1921; Hovelacque, 1927; Pichler y Gisel, 1957; Schweizer y Dörfl, 1997), describiéndose su salida siempre (Pichler y Gisel, 1957; Schweizer y Dörfl, 1997) u ocasionalmente (Berlin y Lahey, 1929; Winckler, 1948; Laux y Guerrier, 1959; Lang y Cols., 1986; Nguyen y cols., 1989,1990; Sanders y cols., 1995) en común con la innervación del músculo Interaritenideo y para el que ya se había descrito una innervación procedente de dos (Winckler, 1948; Sanders y cols., 1993), tres (Nguyen y cols., 1989,1990; Sanders y cols., 1994) incluso nueve ramas (Lang y cols., 1986), actualmente (Maranillo y cols., 2003) se describen seis patrones de innervación según el numero de ramas, que desde la división anterior se dirigen al músculo Cricoaritenideo posterior (Patrón I 1 rama, Patrón II 2 ramas, Patrón III 3 ramas, Patrón IV 4 ramas, Patrón V 5 ramas y Patrón VI 6 ramas)

Además estos patrones en función del origen que sus ramas tengan desde el segmento vertical, rodilla, oblicuo de la división anterior del nervio recurrente laríngeo y según su relación con la unión cricotiroides se clasifican en 5 tipos: a) ramas originadas en el segmento vertical del NLR, debajo de la articulación cricotiroides; b) ramas originadas en el segmento vertical del NLR, justo por detrás de la articulación cricotiroides; c) ramas originadas en el segmento vertical del NLR, justo por encima de la articulación cricotiroides; d) ramas originadas en la rodilla del NLR, en común con la rama para el músculo Aritenoideo, por encima de la articulación cricotiroides; e) ramas originadas en el segmento oblicuo del NLR, entre la salida de la rama para el músculo Aritenoideo y de la rama para el músculo Cricoaritenoso lateral.

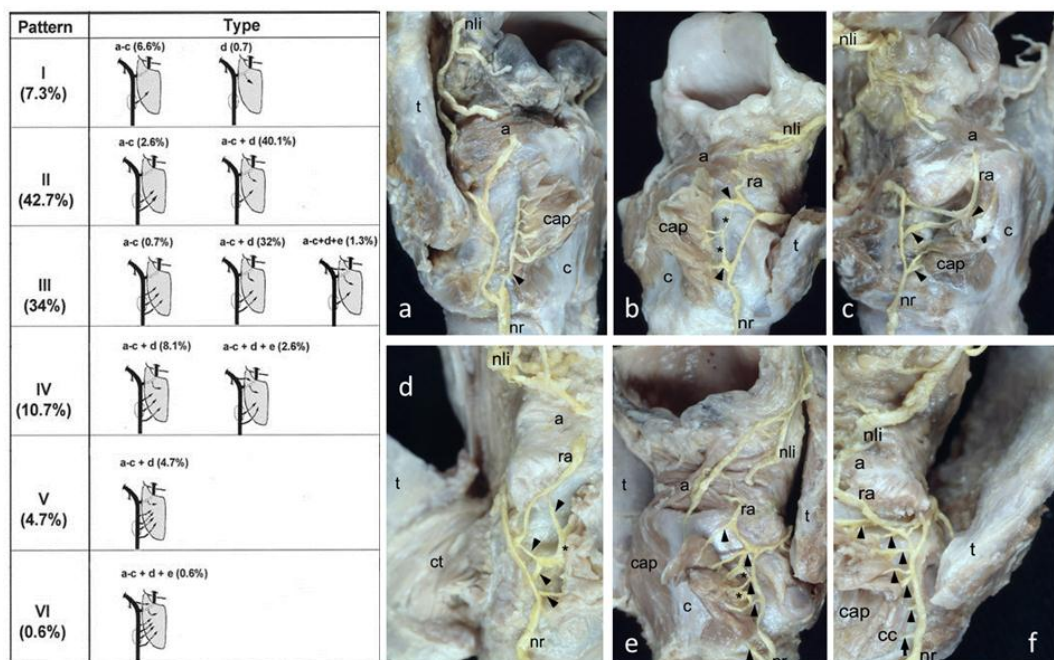


Figura 1 Patrones de Innervación del músculo cricoaritenoso posterior (CAP). a), d) y f) visión posterior; b) y e) visión posterolateral derecha; c) visión lateral izquierda . Marañillo y cols. 2003

En relación a la **musculatura aductora**, aunque ya se había descrito un posible patrón variable de innervación laríngea en estos músculos (Nguyen y cols., 1990; Wu y cols., 1994) es en estudios modernos de microdissección donde se describen los siguientes patrones (Maranillo y cols., 2005):

- **Musculo Aritenoideo**: el número de ramas hacia este musculo va desde cuatro hasta ocho, describiéndose 2 ramas constantes desde el nervio recurrente laríngeo y las restantes desde el nervio laríngeo interno. Apareciendo las ramas del NLR en el borde del musculo Cricoaritenideo posterior tras haber ido en su profundidad, originándose estas ramas en la mayor parte de los casos de un tronco común con las ramas para el Cricoaritenideo posterior y en algunos casos originándose de estas ramas la rama que inerva el Cricoaritenideo lateral. Igualmente se han descrito dos tipos en relación al origen de estas ramas desde el NLR: a) detrás de la articulación cricotiroides; b) en relación a la articulación Cricoaritenidea. El resto de ramas se originan del nervio laríngeo interno y tienen su salida en la división posterior de este presentando dos tipos: a) salida de las ramas justo por encima del musculo Aritenoideo; b) salida de las ramas, debajo de dicho musculo.

-**Musculo Cricoaritenideo lateral (CAL)**: el número de ramas descrito para este musculo va de una a seis, siendo más frecuente el patrón de tres ramas (43,3%). En relación con su origen desde el NLR se establecen cuatro tipos: a) salida de las ramas antes de su llegada al musculo CAL y desde un

tronco común con las ramas para el cricoaritenideo posterior; b) salida de las ramas justo encima del musculo CAL; c) salida de las ramas distalmente al musculo CAL justo encima del musculo Tiroaritenideo, en un pequeño porcentaje saliendo en común con las ramas para este ultimo musculo (10%); d) salida de las ramas desde un ramo comunicante denominado conexión cricotiroidea, entre los NLR y NLE.

- **Musculo Tiroaritenideo (TA):** el patrón de innervación de este musculo comprende de una a cuatro ramas, siendo el más frecuente una rama (67,3%), seguido por el de dos ramas (24%). Según el origen de estas se describen 3 tipos: a) salida de las ramas proximalmente al musculo TA; b) salida de las ramas sobre el propio musculo TA; c) salida de las ramas desde el ramo comunicante cricotiroideo entre los NLR y laríngeo externo y en pocos casos desde el ramo comunicante tiroaritenideo entre el nervio recurrente laríngeo y el nervio laríngeo interno.

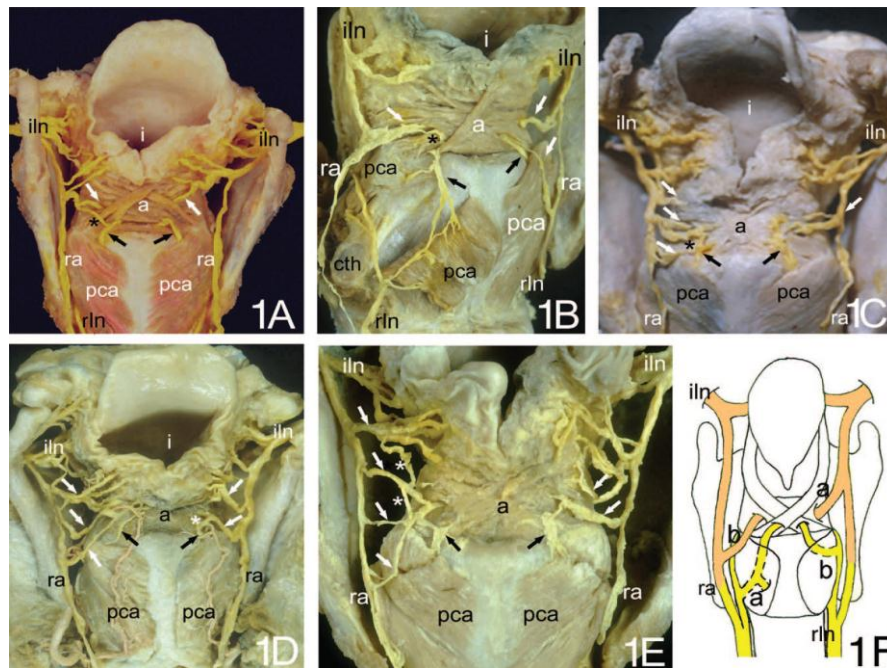


Figura 2 Patrones de innervación músculo aritenoides (a). A, C, D y E Visión posterior. B Visión posterolateral izquierda. Marañillo y cols., 2005.

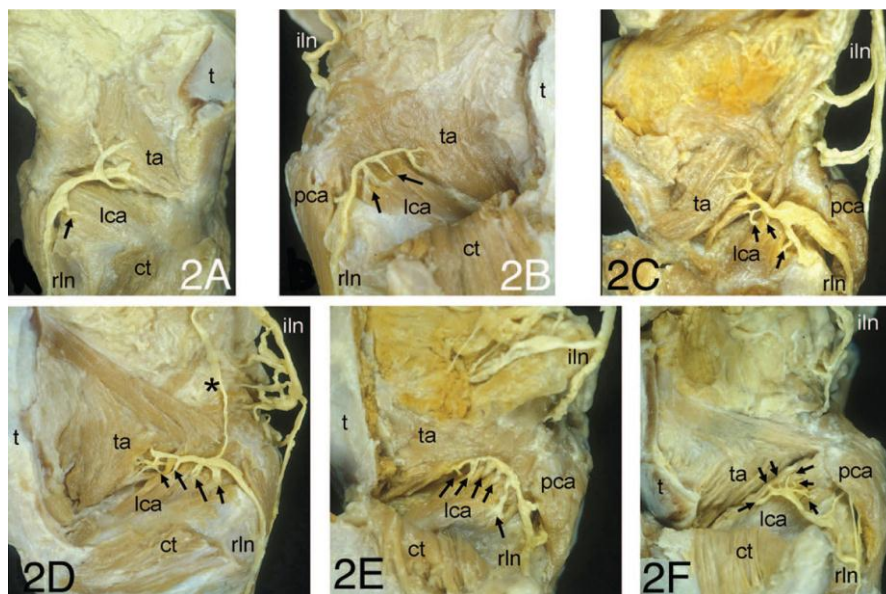


Figura 3 Patrones de innervación músculo cricoaritenoides lateral (CAL). 2A y 2B visión lateral derecha; 2C, 2D, 2E, 2F visión lateral izquierda Marañillo y cols., 2005.

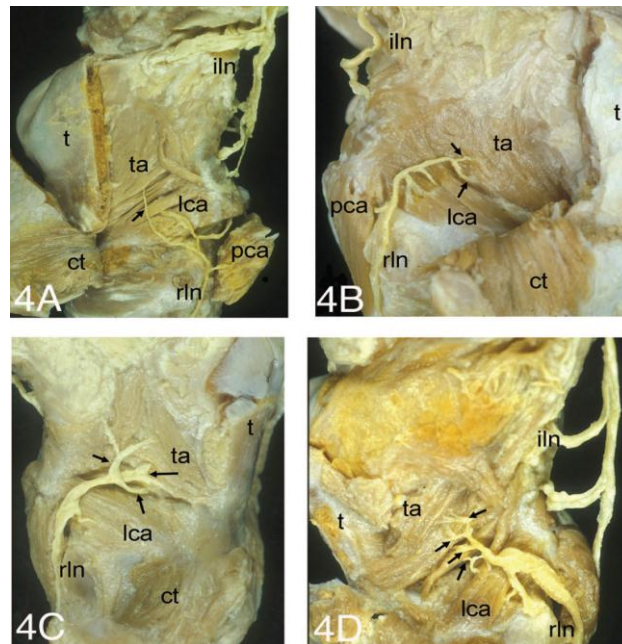


Figura 4 Patrones de innervación de músculo Tiroaritenosoide (TA). 4A, 4D visión lateral izquierda; 4B, 4C visión lateral derecha. Marañillo y cols., 2005.

2 Papel del nervio laríngeo superior (rama interna y externa):

Por otra parte la discusión anatómica sobre el patrón clásico de innervación laríngea se estableció en relación al papel de innervación correspondiente al nervio laríngeo superior, de manera que mientras algunos estudios anatómicos mantenían que la **rama interna** del nervio laríngeo superior era puramente sensitiva (Lemere, 1932,1933; Williams, 1951,1954) por medio del estudio de la laringe en relación a las enfermedades del tiroides se describió la posible innervación del músculo Aritenoideo por parte del nervio laríngeo superior (New, 1923), llegándose en algunos trabajos tanto anatómicos como de experimentación a afirmar, que en la región del músculo Aritenoideo había terminales motoras procedentes de la rama interna del nervio laríngeo superior y que por tanto este daba innervación

motora sobre el músculo Aritenoideo (Vogel, 1952; Clerf y Baltzell, 1953; Pressman y Kelemen, 1955; Kirchnner, 1963,1964)

Igualmente se planteó la discusión en relación a la **rama externa** del nervio laríngeo superior, clásicamente considerado como un nervio puramente motor (Onodi, 1902; Williams, 1995), y para el que en otros estudios experimentales en perros y gatos (Lemere, 1932; Andrew, 1956; Suzuki y Kirchner, 1968; Adzaku y Wyke, 1979; Yoshida y cols., 1987) y tras algunas observaciones anatómicas (Poirier y Charpy, 1899; Hovelacque, 1927; Sanders y cols., 1993; Wu y cols, 1994; Sanders y Mu., 1998) se ha atribuido una función mixta (motora y sensitiva) al establecer que aparte de la innervación motora del músculo cricotiroides, se establecía un aporte sensitivo a la región subglótica a través de este nervio laríngeo externo.

Además por otra parte, otros estudios anatómicos y experimentales, han descrito que el nervio laríngeo externo, además de innervar al músculo Cricotiroides, también inerva a un contingente de fibras del músculo Tiroaritenoides por medio de una conexión nerviosa con el nervio recurrente a través del músculo Cricotiroides (Wu y cols., 1994; Nasri y cols., 1994; Sañudo y cols., 1999; Marañillo y cols., 2003)

3 Conexiones entre los nervios laríngeos:

Por último otro punto importante de discusión en la neuroanatomía laríngea es el papel de las conexiones entre los nervios laríngeos. En el patrón clásico de innervación laríngea solo ha sido descrita la conexión mediante el Asa de Galeno entre los nervios laríngeo interno y nervio recurrente laríngeo

(Onodi, 1902; Lemere, 1932; Testut y Latarjet, 1972; Williams, 1995). Además de esta conexión, otras conexiones han sido descritas pudiéndolas agrupar de la siguiente manera:

3.1 Conexiones entre el nervio laríngeo interno y el nervio recurrente laríngeo:

a) ASA DE GALENO:

Aunque descrita para algunos autores como un hallazgo ocasional (Berlin y Lahey, 1929; Nordland, 1930; Lemere, 1932; Williams, 1951; Laux y Guerrier, 1959; Keros y Nemanic, 1967; Lang y cols., 1986; Sato y Shimada, 1995), en los trabajos anatómicos mas fiables se describe como constante (Dilworth, 1921; Hovelacque, 1927; Migueis y cols., 1989; Sanders y cols., 1993) de manera que su prevalencia, en los últimos estudios con un gran número de muestras (90 laringes de humano) y con técnicas modernas de microdissección es del 100% (Sañudo y cols., 1999)

Esta conexión se establece de forma directa entre la rama posterior del nervio laríngeo interno y la rama dorsal del nervio recurrente laríngeo, localizándose sobre la cara dorsolateral del musculo Cricoaritenideo posterior, y músculo Aritenoideo y bajo la mucosa hipofaringea.

Morfológicamente esta conexión ha sido descrita pudiendo aparecer como un solo tronco (Dilworth, 1921; Lemere, 1932) con una prevalencia del 95% (Sañudo y cols., 1999), como un doble tronco (Rueger, 1972; Lang y cols., 1986) con una prevalencia del 3% (Sañudo y cols., 1999) o como un plexo

(Rueger, 1972; Lang y cols., 1986; Migueis y cols., 1989) con una prevalencia del 2% (Sañudo y cols., 1999).

b) PLEXO ARITENOIDEO:

Esta compleja conexión se relaciona con el musculo Aritenoideo, formándose a nivel profundo un entramado de conexiones entre los ramos aritenoideos, altos, medio o bajos (Sañudo y cols. 1999) de la rama dorsal del NLI de ambos lados y una de las ramificaciones de la rama para el músculo aritenoideo de ambos NLR que llegan a ese nivel ascendiendo sobre la cara profunda del musculo Cricoaritenoideo posterior, además a nivel superficial se establece otro entramado de conexiones similar entre pero únicamente entre ramas del mismo lado. Morfológicamente algunos estudios la describen como superficial (Dilworth, 1921; Williams, 1951; Winckler, 1948; Rueger, 1972; Nguyen y Cols., 1990) identificándola sobre la cara dorsal del musculo Aritenoideo y otros dentro del espesor del musculo (Sanders y Cols., 1993; Mu y Cols., 1994), por lo que los últimos trabajos consideran que está dividida en dos partes: una superficial, sobre la cara dorsal del musculo, con una prevalencia de 86% y otra profunda dentro del propio musculo con una aparición constante (Sañudo y Cols., 1999).

c) CONEXIÓN CRICOIDEA:

Esta conexión únicamente había sido descrita en la laringe de Bovino (Weinzweig, 1882), hasta ser descrita en la laringe humana (Sañudo y Cols., 1999) como una conexión identificada, en la mucosas laríngea, justo en frente de la lamina cricoidea, entre una rama superior procedente del plexo

aritenioideo profundo y una rama inferior compuesta por la unión de dos ramas originadas de cada nervio recurrente antes de entrar en la laringe. Esta conexión da ramas para la mucosa de la cara posterior y lateral de la subglotis. Su prevalencia estimada es del 60% (Sañudo y Cols., 1999).

d) CONEXIÓN TIROARITENOIDEA:

Descrita en algunos estudios anatómicos como hallazgos casuales (Wu y Cols., 1994; Dilworth, 1921; Winckler, 1948; Afifi, 1970), sobre la cara superficial del musculo tiroaritenioideo como resultado de la conexión entre un ramo descendente de la rama anterior del nervio laríngeo interno y un ramo ascendente del nervio recurrente laríngeo originado sobre dicho músculo. Su prevalencia es del 14% (Sañudo y Cols. 1999).

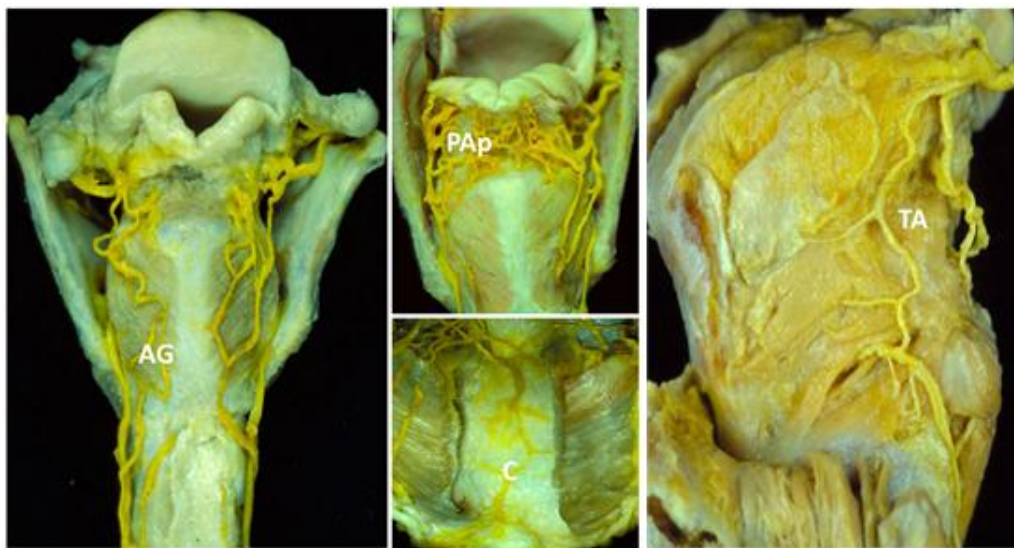


Figura 5 Conexiones entre NLI y NLR. Asa Galeno (AG), Plexo Aritenoideo profundo (PAp), Cricoidea (C), Tiroaitenoidea (TA). Visión Posterior y Lateral Izquierda. Sañudo y cols., 2009.

3.2 Conexión entre el nervio laríngeo interno y el nervio laríngeo externo:

- CONEXIÓN A TRAVÉS DEL FORAMEN TIROIDEO:

Esta conexión es la única descrita entre las ramas terminales del nervio laríngeo interno y el nervio laríngeo externo (Afifi, 1970; Jelisiejew y Szmurlo, 1972; Demmel, 1978; Leon y Cols., 1997; Sañudo y Cols., 1999) se produce a través del denominado foramen tiroideo, descrito en el tercio superior de la lamina tiroidea, con una frecuencia de aparición que varía entre las distintas series entre el 5% (Roncallo, 1948) y el 55% (Waldeyer, 1927).

Este foramen tiroideo puede contener en su interior la conexión entre el NLI y el NLE variando su frecuencia de aparición entre el 4% (Dilworth, 1921) y el 30% (Vogel, 1952), y en las últimas series en el 21% estando presente en todos los especímenes con presencia del foramen tiroideo (Sañudo y Cols., 1999).

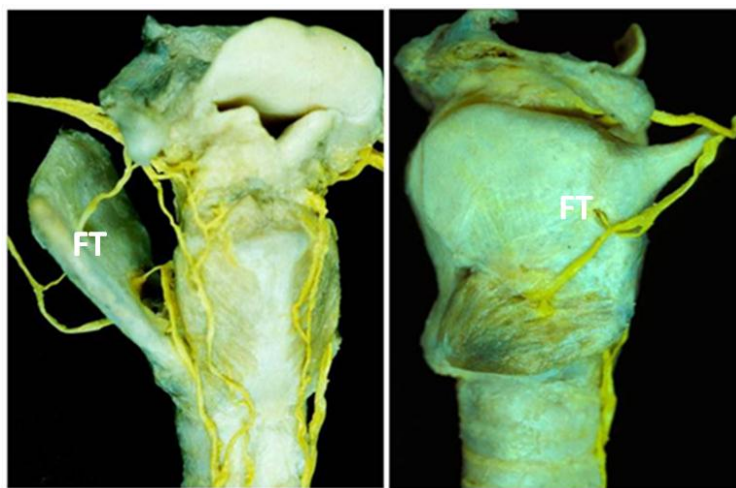


Figura 6 Conexión Foramen Tiroideo (FT). Visión Posterolateral Izquierda y Lateral Izquierda. Sañudo y cols. 2009.

3.4 Conexiones entre el nervio laríngeo externo y el nervio recurrente laríngeo:

- CONEXIÓN CRICOTIROIDEA:

Esta conexión ha sido la única descrita entre el nervio laríngeo externo y el nervio recurrente laríngeo, produciéndose a nivel submucoso, a través del musculo cricotiroides (Dilworth, 1921), de ahí su nombre aunque en humanos a recibido diversos nombres como nervio comunicante (Sanders y Cols., 1993; Wu y Cols., 1994), nervio piriforme o conexión cricotiroides (Sañudo y Cols., 1999).

La incidencia de esta conexión en humanos ha sido descrita de manera variable dependiendo de las series (Tabla I).

INCIDENCIA DE LA CONEXIÓN CRICOTIROIDEA			
Autores	Nº Hemilaringes	Nº Conexiones	Frecuencia
Dilworth 1921	45	2	4,3%
Mayet 1956	20	1	5%
Kambic 1984	80	1	1,2%
Sanders y Cols. 1993	20	4	20%
Wu y Cols. 1994	27	12	44%
Tanaka y Cols. 1997	30	1	3%
Sañudo y Cols.1999	180	123	68%
Maranillo y Cols. 2003	206	133	65%

Tabla I Incidencia de la conexión cricotiroides en la literatura

En el último estudio realizado de este tipo de conexión (Maranillo y Cols. 2003) se describen dos tipos principales de comunicación entre el nervio laríngeo externo y el nervio recurrente laríngeo. El primer patrón es en el que el nervio laríngeo externo se conecta a través de una única rama al nervio recurrente laríngeo, mientras que el segundo patrón se realiza a través de 2 ramas o una que antes de la unión se divide en 2.

Además dentro de estos dos patrones se describen 4 subtipos en relación a la región del nervio recurrente donde se produzca la conexión: subtipo a, en relación a la salida de la rama para el músculo cricoaritenideo posterior; subtipo b, en relación a la salida de la rama para el músculo aritenideo; subtipo c, en relación a la salida de la rama para el musculo cricoaritenideo lateral; subtipo d, en relación a la salida de la rama para el musculo tiroaritenideo. (Tabla II).

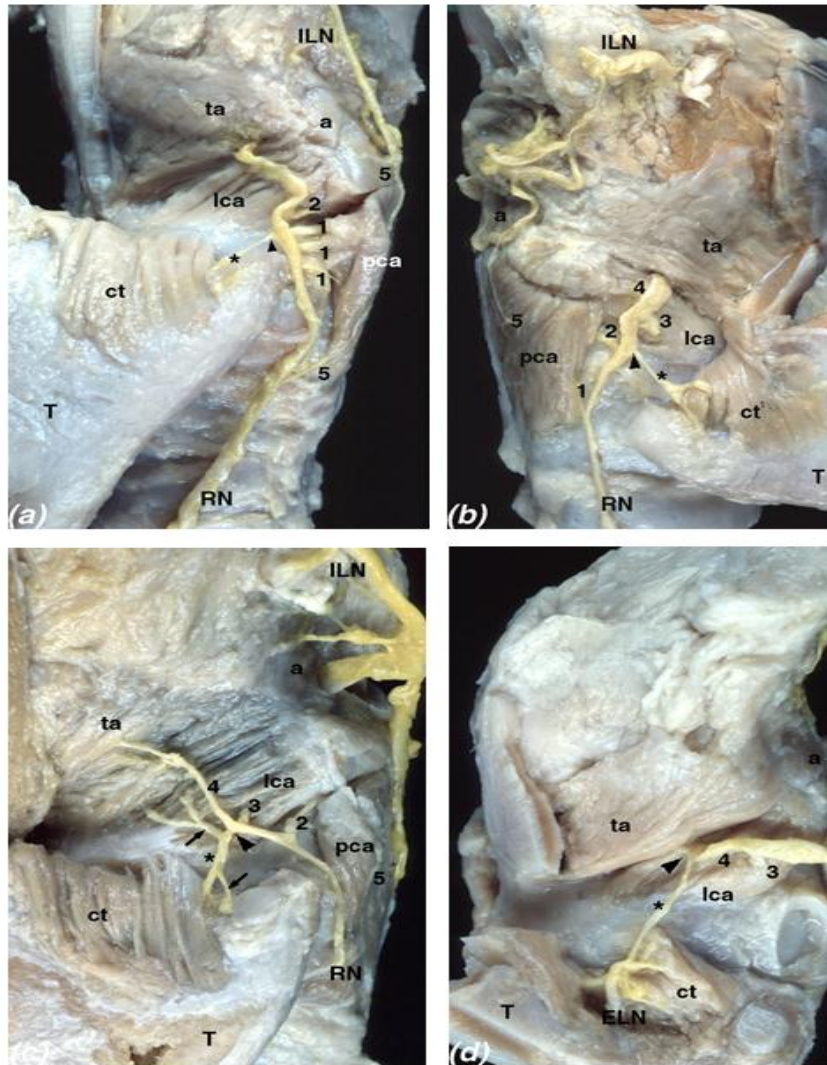


Figura 7 Tipos de conexión Cricotiroidea. (a) en musculo Cricoaritenoideo Posterior (pca.), visión lateral izquierda; (b) en musculo Aritenoideo., visión lateral derecha; (c) en musculo Cricoaritenoideo lateral (lca.), visión lateral izquierda y (d) en musculo Tiroaritenoideo (ta.), visión lateral izquierda. Sañudo y cols., 2009.

DISTRIBUCIÓN DE CONEXIÓN CRICOTIROIDEA (PATRONES/SUBTIPOS)	
Patrón 1. Única rama	(113/206; 55%)
Tipo 1 a	1/206 (0.5%)
Tipo 1 b	12/206 (6%)
Tipo 1 c	55/206 (27%)
Tipo 1 d	45/206 (22%)
Patrón 2. Doble rama o una dividida en 2	(20/206;10%)
Tipo 2 b y c	5/206 (2.5%)
Tipo 2 b y d	3/206 (1.5%)
Tipo 2 c y c	4/206 (2%)
Tipo 2 c y d	6/206 (3%)
Tipo 2 d y d	2/206 (1%)

Tabla II Distribución de los dos patrones de la conexión cricotiroidea y sus tipos (Sañudo y cols. 1999)

Finalmente ha sido descrita la salida de ramas colaterales desde esta conexión a la región cricotiroidea (72%) ya sea hacia el propio musculo (23%) o hacia la cara anterior o superior cricotiroidea (49%), hacia la mucosa subglotica (50%) y hacia la cara lateral del musculo tiroaritenideo (12,8%) (Maranillo y Cols. 2003).

3.5 Función de las conexiones nerviosas laríngeas:

El posible papel de las conexiones entre los nervios laríngeos continúa siendo un punto de discusión en nuestros días. Únicamente se ha sugerido en algunos estudios un posible papel de estas conexiones en la inervación tanto sensitiva como motora en el caso de tres conexiones:

En relación al Asa de Galeno y del Plexo aritenoides la mayoría de los autores defienden un papel puramente sensitivo de estas. (Winckler, 1948; Williams, 1951), aunque otros han apuntado para el Asa de Galeno que además pueda tener un papel motor (Lang y cols., 1986; Migueis y cols., 1989). Por otro lado la conexión cricotiroides ha sido considerada tanto sensitiva, por medio de fibras que recogen parte de la sensibilidad subglótica (Lemere, 1932; Suzuki y Kirchner, 1968; Wu y Cols., 1994), como de naturaleza motora pudiendo llevar fibras motoras a algunos músculos laríngeos como el Tiroaritenoides, Cricotiroides. (Mayet, 1956; Wu y Cols., 1994; Nasri y Cols., 1997).

Consideraciones clínicas sobre la innervación laríngea:

Desde el punto de vista clínico ciertos aspectos en los que la innervación de la laringe juega un papel fundamental han sido y siguen siendo hoy en día un tema de amplia controversia.

Trasplante laríngeo y reinervación nerviosa de la laringe

En este sentido actualmente en la era de los trasplantes la principal limitación en el momento actual para conseguir un trasplante ortotópico viable de la laringe es conseguir una reinervación adecuada, es decir libre de fenómenos de sincinesias o innervación aberrante (Pascual-Font, A y cols.,2008; Crumley, 2000), fenómenos descritos hasta ahora en la mayor parte de los trabajos que hasta la fecha existen sobre el trasplante laríngeo y en los que una vez superados los problemas de vascularización del trasplante (Strome y Cols., 1994; Birchall y Cols., 2002,2011; Barker, 2007) y de un posible rechazo (Lorenz y Cols., 2002; Haug y Cols., 2003) la principal dificultad y en lo que se muestra como objetivo a lograr en un futuro para conseguir la viabilidad de estos, es el desarrollo de una técnica fiable que asegure una reinervación funcional adecuada de la laringe trasplantada, es decir una reinervación que permita realizar el movimiento de abducción y aducción del órgano fonatorio y/o valvular de la laringe (Ogura y Cols., 1970;Berke y Cols., 1993; Birchall y Cols., 2002,2011).

Por otro lado esta dificultad para conseguir una reinervación selectiva supone el mismo problema descrito en trabajos experimentales sobre la reinervación

de los nervios recurrentes tras su lesión postquirúrgica, principalmente tras cirugía tiroidea o cirugía cardíaca, describiéndose como, en un intento de reinervar, se crea en la mayor parte de los casos una activación no sincronizada de los diferentes grupos musculares, provocando lo que se conoce como sincinesia, ya que grupos musculares aductores son innervados por axones de otros nervios sanos (abductores) o que los axones aductores en regeneración equivocan el músculo a reinervar. (Crumley, 1982; Rice, 1982) Esta limitación se ha mostrado en los últimos trabajos en los que se ha planteado, e incluso se ha llegado a realizar experimentalmente en animales una posible reinervación del nervio recurrente laríngeo tras su conexión al nervio frénico (Mahieu y Cols., 1993; Van Lith-Bijl y Cols., 1998; Kingham 2007) Igualmente en humanos ha sido descrito y se ha llevado a cabo la reinervación del NLR con y al asa cervical, mostrando en la mayor parte de los casos una mejoría clínica en estos pacientes con lesión del NLR pero sin conseguir una total reinervación adecuada (Marcum KK, 2010; Wang, 2011).

Parálisis de los pliegues vocales

Otro punto que ha sido objeto de innumerables trabajos y teorías es el porqué de la variabilidad interindividual en relación a la posición de los pliegues vocales que a pesar de que la lesión del nervio se produzca a un mismo nivel topográfico, puedan quedar en diferentes posiciones (media, Paramediana, intermedia) (Koufman y Cols., 1995).

Por finales de los 1800's comenzaron a surgir distintas teorías y una de las primeras teorías aceptadas por la comunidad científica fue la teoría de Rosenbach (1880) y Semon (1881) en la que se proponía que la organización topográfica del nervio recurrente era la responsable de la gran variabilidad encontrada en las parálisis laríngeas, debido a que las fibras nerviosas para los músculos abductores eran más sensibles a la lesión que las destinadas a los músculos aductores, situadas más profundamente, de forma que tras algunas correcciones (Semon, 1892), la denominada ley de Rosenbach y Semon establecía: "En el curso de la lesión gradual orgánica del nervio recurrente laríngeo o de sus fibras tres estadios pueden ser observados"

En el primer estadio, solo las fibras abductoras son lesionadas, los pliegues vocales se aproximan a la línea media y la aducción es posible.

En el segundo estadio, se produce una contractura de los aductores por lo que el pliegue vocal es inmovilizado en posición media.

En el tercer estadio, los aductores son paralizados por lo que los pliegues vocales permanecen en posición cadavérica (Intermedia).

Este concepto de que las fibras abductoras sean más sensibles a la lesión, ha sido mantenido, incluso con distintos estudios experimentales por muchos autores (Lemere, 1934; Frazier y Johnson, 1935; Edwards, 1952; Capps, 1958; Jackson y Jackson, 1959; Bowden y Scheuer, 1960). Sin embargo esta teoría no estaba exenta de controversia ya que no podía explicar las observaciones realizadas en otros trabajos anatómicos en los que se

establecía que las fibras abductoras no están en la periferia (Mackenzie, 1880; Blalock, y Crowe, 1926) y además las fibras abductoras son más pequeñas que las aductoras (Murtagh, 1952).

Posteriormente a finales del siglo XIX la teoría más aceptada fue la conocida como la teoría de Wagner (1890) y Grossmann (1897), que , proponía que una parálisis total del nervio recurrente inmoviliza a las cuerdas vocales en una posición paramediana por el efecto aductor del músculo cricotiroides intacto (innervado por el nervio laríngeo externo) y que tan sólo la parálisis conjunta de los nervios recurrente y laríngeo superior, provocaría la inmovilización de la cuerda vocal en una posición intermedia o cadavérica. Esta última teoría ha sido aceptada por un gran número de autores por medio de distintos estudios a lo largo del siglo XX (Clerf y Baltzel, 1941; Murtagh, 1945; Thomson, 1955; Arnold, 1959,1961) pero para muchos otros mantiene numerosas excepciones que no es capaz de explicar demostrando que la posición de las cuerdas vocales en las parálisis laríngeas no está determinada por el estatus de innervación del músculo cricotiroides (Hiroto y Hirano, 1968; Blitzer y Cols., 1995; Koufman y Cols., 1996).

Papel de la Electromiografía laríngea

Todas estas teorías no hacían más que refrendar la complejidad de la neuroanatomía laríngea que hasta el momento no era capaz de dar explicaciones a estos problemas, por lo que como medio que posibilitaría aclarar las distintas controversias existentes en la neuroanatomía laríngea, así

como para poder estudiar las parálisis laríngeas e intentar dar una mejor explicación de las distintas posiciones de estas, poco antes de mediados del siglo XX se introduce la aplicación de la electromiografía en la laringe (Weddel, Feinstein y Pattle, 1944). Posteriormente se fueron sucediendo distintos trabajos, que van estableciendo distintas técnicas de electromiografía laríngea (LEMG), inicialmente realizados intraoperatoriamente mediante la colocación de un electrodo a través de la incisión de laringofisura (Katsuki y Cols., 1950). Otros estimulando el nervio laríngeo superior de monos, perros y gatos, demostraron por Electromiografía (EMG) que los músculos laríngeos aductores intervienen como reflejo del proceso de deglución, lo que interpretaron como cierre protector de la glotis (Doty y Bosna, 1956). También en estos primeros pasos se utilizó el orificio de traqueotomía para situar el electrodo. (Portman y Robin, 1956) y en otros estudios se comenzó a utilizar el abordaje transcutáneo del pliegue vocal, a través de la membrana cricotiroidea (Fink y Cols., 1956; Van Derber, 1957; Greiner e Isch, 1958; Spoor, 1958).

Tras estos experimentos anteriores se lleva a cabo lo que sería el primer trabajo de investigación clínica en el que se aplica la electromiografía laríngea (Faaborg-Andersen, 1957). En un primer momento el objetivo de este estudio es el de determinar, en sujetos con una movilidad normal de pliegues vocales, el grado de actividad eléctrica de la musculatura intrínseca de la laringe durante las funciones de respiración y de fonación, determinando su grado de participación de cada músculo en dichas funciones. En segundo lugar el trabajo es desarrollado tratando de contribuir a clarificar las causas tanto neurogenicas

como miogenicas de parálisis vocal estudiando mediante electromiografía laríngea pacientes con parálisis vocales tanto unilateral como bilateralmente. Para ello se recogen mediante electrodos transcutaneos el potencial de acción de los músculos, Cricotiroides, Vocal, Aritenoideo, Tiroaritenideo y Cricoaritenideo posterior. En sus resultados demuestra que durante la fonación se muestra un incremento de la actividad eléctrica en la musculatura aductora mientras que en la musculatura abductora se muestra lo contrario. Este cambio bioeléctrico se produce generalmente en menos de dos milisegundos y la amplitud del potencial de acción es de cuatro veces el valor de actividad eléctrica en reposo.

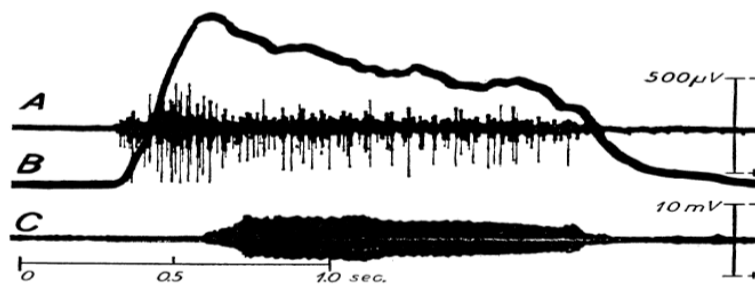


Figura 8 Aumento del potencial de acción de la musculatura aductora en la fonación A registro continuo B potencial de acción medio, C fonación. Tomada de Faaborg-Andersen, 1957

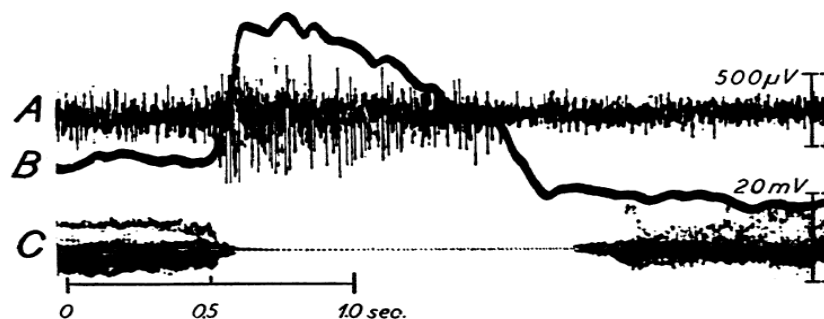


Figura 9 Inhibición del cricoaritenideo posterior durante la fonación y aumento ante el cese de fonación A registro continuo B medio y C registro de la fonación. Tomada de Faaborg-Andersen, 1957

Además esta actividad eléctrica aumenta igualmente durante la fonación a medida que aumenta el tono vocal, pero este incremento no está presente ante el aumento de intensidad vocal ni durante la fonación de distintas vocales. En cuanto al modo vocal mientras que durante la voz cuchicheada este estudio muestra un menor potencial eléctrico en la musculatura aductora que durante la fonación normal, en la fonación de palabra con ataque glótico, al igual que durante la tos muestra una actividad eléctrica mayor.



Figura 10 Mínima variación del potencial de acción continuo (A) y medio (B) ante el aumento de intensidad del sonido (C). Tomada de Faaborg-Andersen, 1957

Por otro lado este estudio determina que en pacientes con parálisis de pliegues vocales, tras la lesión de los nervios recurrentes laríngeos sin parálisis asociada del musculo cricotiroideo, la posición del pliegue vocal es paramediana, mientras que en pacientes con una lesión asociada del nervio laríngeo superior la posición es intermedia. Esto lo demuestra ya que en pacientes con un pliegue vocal paralizado en posición intermedia hay evidencia de una parálisis neurogénica a nivel de este musculo, mientras que en pacientes con un pliegue vocal inmóvil en posición paramediana no hay evidencia de esta parálisis. En el resto de la musculatura intrínseca de la

laríngea el autor confirma una parálisis neurogénica muscular tanto en pacientes con pliegue vocal inmóvil en posición paramediana como con posición intermedia.

Estos resultados por tanto están de acuerdo con las teorías clásicas sobre la parálisis de pliegues vocales en los que se hace referencia a que la posición del pliegue vocal depende en último término de la función aductora del músculo cricotiroides. (Wagner, 1890; Grossmann, 1897).

A este primer estudio clínico le siguieron otra serie de trabajos en los que se fueron aplicando nuevos conocimientos en la morfología de la unidad motora al estudio de la electromiografía de la laringe.

Así gracias a la aplicación de estas técnicas se abandonó la teoría pasiva en la producción de la voz, en la que se estimaba que el sonido vocal era producido por el choque de un flujo aéreo contra los pliegues vocales en tensión, acogiendo una teoría mixta en la que aparte de lo anterior se añadía una función activa demostrada electromiográficamente, en la que la tensión de los diferentes músculos intrínsecos de la laringe determinaba la frecuencia de vibración de la mucosa de los pliegues vocales. (Buchthal y Rosenfalk, 1959).

Por otro lado otros estudios se centraron en la aplicación de la electromiografía laríngea al diagnóstico, hecho que hasta entonces no había tenido gran aceptación debido a las dificultades para colocar correctamente los electrodos así como para obtener de forma aislada el potencial de acción motor de estos músculos.

De este modo tras describirse el método correcto para colocar los electrodos vía transcutanea sin obtener interferencias (Hiroto y Hirano, 1967), se llevó a cabo uno de los estudios de mayor aceptación que mediante la electromiografía laríngea investigo las parálisis de los pliegues vocales en humanos. (Hiroto y Cols., 1968).

En dicho estudio tras realizar diversas observaciones tanto en fonación como durante la respiración, se mostraba que en los pacientes con un pliegue vocal paralizado existen cuatro tipos de potencial de acción motor: fibrilación, voltaje de unidad neuromuscular complejo, voltaje de reinervación.

Estos datos fueron los primeros en demostrar que en la recuperación del nervio recurrente laríngeo en humanos podía existir una regeneración anómala de sus fibras, lo cual había que tener en cuenta a la hora de discutir la fisiopatología de las parálisis vocales. Además observó que la parálisis de la musculatura abductora por si sola determinaría una restricción de la abducción y no una fijación del pliegue vocal.

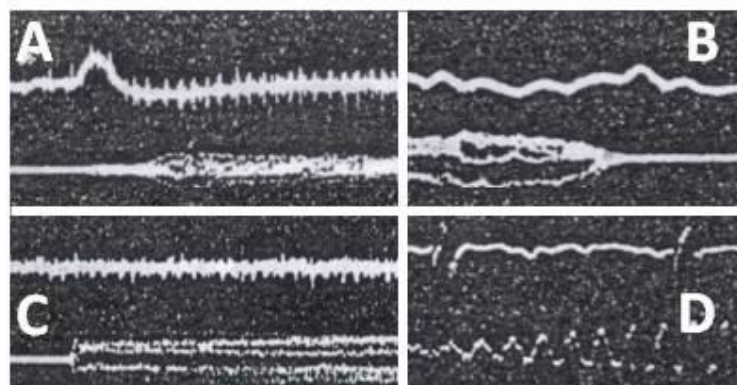


Figura 11 Potenciales de acción en pacientes con parálsis vocal A Voltaje Neuromuscular Normal B Fibrilación C Reinervación D complejo. Tomada de Hiroto y Cols., 1968

Así este estudio rompía con las teorías anteriores de Semon y Rosenbach o Wagner y Grossman afirmando que la posición de los pliegues vocales está condicionada tanto a factores anatómicos como neuropatológicos.

Por el contrario otro de los trabajos de la época, en el que se realizó un estudio electromiográfico experimental en perros mediante la sección de los nervios laríngeos y un estudio clínico electromiográfico en humanos mediante la observación de un gran número de pacientes con parálisis vocal (Dedo, 1970), parecía confirmar que tanto en animales de experimentación como en humanos el conocimiento de las distintas posiciones del pliegue vocal ante una parálisis tenía mejor explicación según la teoría de Wagner y Grossman, dando así gran valor en la posición del pliegue paralizado al músculo cricotiroideo, que según este trabajo se encontraría innervado únicamente por la rama externa del nervio laríngeo superior, sin encontrar evidencias para decir que hubiera otras ramas para estos músculos. Aquellas excepciones a la teoría de Wagner y Grossman eran explicadas por dos hechos. Por un lado por la distorsión causada por una excesiva compensación del pliegue vocal normal más allá de la línea media que ocasionalmente causara que una posición intermedia del pliegue vocal, fuera confundida con una posición paramediana. En segundo lugar una excesiva atrofia y acortamiento del pliegue vocal paralizado, haría confundir una parálisis en posición paramediana con una en posición intermedia. Además lesiones a nivel torácico que en teoría causarían solo lesión del nervio recurrente laríngeo y por lo tanto darían una posición paramediana, mantendrían una posición intermedia ya que por metástasis o lesión del vago a

nivel de la base del cuello producirían una lesión de ambos recurrente y laríngeo superior.

Sin embargo el hecho de que la excesiva compensación y la atrofia sucederían con el tiempo y dado que la posición que adoptan las cuerdas paralizadas tiene lugar inmediatamente después de la lesión estas excepciones siguieron siendo tema de controversia ya que la posición cadavérica o intermedia de los pliegues vocales esperada en pacientes con lesión del nervio vago seguía apareciendo igualmente en pacientes con solo lesión a nivel de nervio recurrente laríngeo tal y como se muestra en algunos trabajos en los que se estudio el mismo número de pacientes con lesión recurrencial que con lesión de ambos nervios laríngeos, sin determinarse diferencias significativas entre los dos grupos (Woodson, 1993). Además en estos estudios se confirmaba electromiograficamente que frecuentemente los pacientes con parálisis vocales mantenían cierto grado de actividad en la musculatura intrínseca de la laringe, supuestamente denervada al estar lesionado el nervio que conlleva su innervación.

Estos hallazgos fueron avalados por otros trabajos que sin llegar a ver atrofia del pliegue vocal o una compensación excesiva del pliegue no paralizado objetivaron clínicamente distintas posiciones del pliegue vocal en pacientes con distintas lesiones conocidas de uno o ambos nervios laríngeos (Koufman y Cols., 1995) Además igualmente se describe en estos estudios como existen distintos patrones de electromiografía en los pacientes con parálisis vocal, mostrando casos de denervación parcial, de regeneración aberrante o

sinquinesias, y aunque estos fenómenos de reinervación o denervación parcial podrían explicar las excepciones en las teorías sobre las distintas posiciones del pliegue vocal, el autor considera que siguen sin poderlo hacer ya que algunos de estos fenómenos van sucediendo en el tiempo tras la lesión y el pliegue vocal adquiere su posición de manera inmediata a la lesión nerviosa.

De esta manera el uso de la electromiografía laríngea se fue difundiendo, apareciendo trabajos dirigidos a mejorar la técnica, con el uso de electrodos bipolares insertándolos bajo control endoscópico (Lee J y Cols., 1978). Otros estudios trataron de valorar las diferencias de conducción nerviosa entre un lado y otro de la laringe, determinando una mínima diferencia de latencias y una igual velocidad de conducción (Atkins y Bethesda, 1973).

También se desarrollaron otros estudios clínicos que mediante el uso de la electromiografía laríngea trataban de obtener más datos de la fisiopatología de enfermedades del sistema nervioso central como la enfermedad de Parkinson o la esclerosis lateral amiotrofica detectándose patrones de denervación antes de la parálisis vocal bilateral, que se desarrolla en estadios avanzados de estas enfermedades y que podrían ser útiles como factor pronóstico indicando la necesidad de realizar una traqueotomía en estos pacientes antes de situaciones límite (Blair y Cols., 1977; Guindi y Cols., 1981).

En otros estudios se aplicó la electromiografía laríngea como método para diferenciar si existía un anquilosis del pliegue vocal o una parálisis franca del mismo, en estos trabajos se llegó a la conclusión de que el potencial de acción motor del músculo Tiroaritenosoide parecía tener una mayor validez que el

potencial del músculo Cricoaritenideo posterior a la hora de realizar dicho diagnóstico diferencial, tras aparecer durante la monitorización de este músculo un reclutamiento en el potencial de acción motor de forma más precoz (Woo y Arandia, 1992).

Igualmente de forma paralela se fue desarrollando el uso de la electromiografía laríngea como técnica de monitorización intraoperatoria del nervio recurrente laríngeo durante las cirugías en la que tuviera riesgo de lesión, principalmente en cirugía de la glándula tiroides (Rice, 1991; Maloney y Cols., 1994; Mermelstein y Cols., 1996; Cannon, 1998; Kienast y Cols., 1998). Además se inicio su uso como método de guía para la realización de algunos tratamientos como la infiltración de toxina botulínica (Ludlow y Cols., 1988,2009; Gartlan y Cols., 1993, Bielałowicz y Ludlow, 2000)

De esta manera en el momento actual el papel de la electromiografía laríngea ha sido revisado y es aceptado como técnica a utilizar en el diagnóstico pronóstico y tratamiento de la patología funcional de la laringe incluyendo la parálisis vocal, distonias laríngeas, y otras alteraciones neurolaringológicas (Sataloff y Cols., 2003) (Tabla III)

Usos Aprobados por la Academia Americana de Electromedicina

-Estimación del grado y pronóstico de la parálisis vocal**-Diagnostico diferencial Ankilosis / Parálisis vocal****-Diagnostico: Miastenia gravis, ELA, Miopatía, Parkinson****.Determinar la localización de la lesión: NLR, NLE, NLI, Nervio Vago****-Evaluar sinkinesias laríngeas o reinervación aberrante****-Monitorización Intraoperatoria****-Infiltración terapéutica de los músculos laríngeos (Toxina Botulinica)**

Aparte de estas aplicaciones clínicas determinadas y aceptadas por la comunidad científica, la electromiografía laríngea ha seguido teniendo utilidad en parte de los trabajos de investigación que siguen intentando conocer mejor la neuroanatomía de la laringe y así poder dar respuestas a muchas de las incógnitas que se mantienen sin resolver en este campo.

En este sentido a finales del siglo XX tratando de conocer mejor tanto la anatomía de la innervación laríngea, así como su fisiología, se realiza un estudio experimental en perros (Nasri y Cols., 1997) que trata de valorar la hipótesis, basada en observaciones previas (Exner 1884, Sanders y Cols., 1993) en la que el nervio laríngeo externo podría aportar innervación motora no solo al músculo cricotiroides sino que también al músculo tiroaritenoides a través del ramo comunicante cricotiroides entre el nervio laríngeo externo y el nervio recurrente laríngeo, para ello tras la disección anatómica minuciosa, mediante el uso de microscopio óptico, del patrón de ramificación del nervio laríngeo externo y del nervio recurrente laríngeo, se realizó una estimulación de estas

ramas registrando los potenciales de acción electromiográficos de los músculos Tiroaritenosoide y Cricotiroides, de manera que al estimular la ramificación que del laríngeo externo tras su comunicación con el nervio recurrente se dirige hacia el músculo Tiroaritenosoide, se obtuvo un potencial electromiográfico de características motoras.

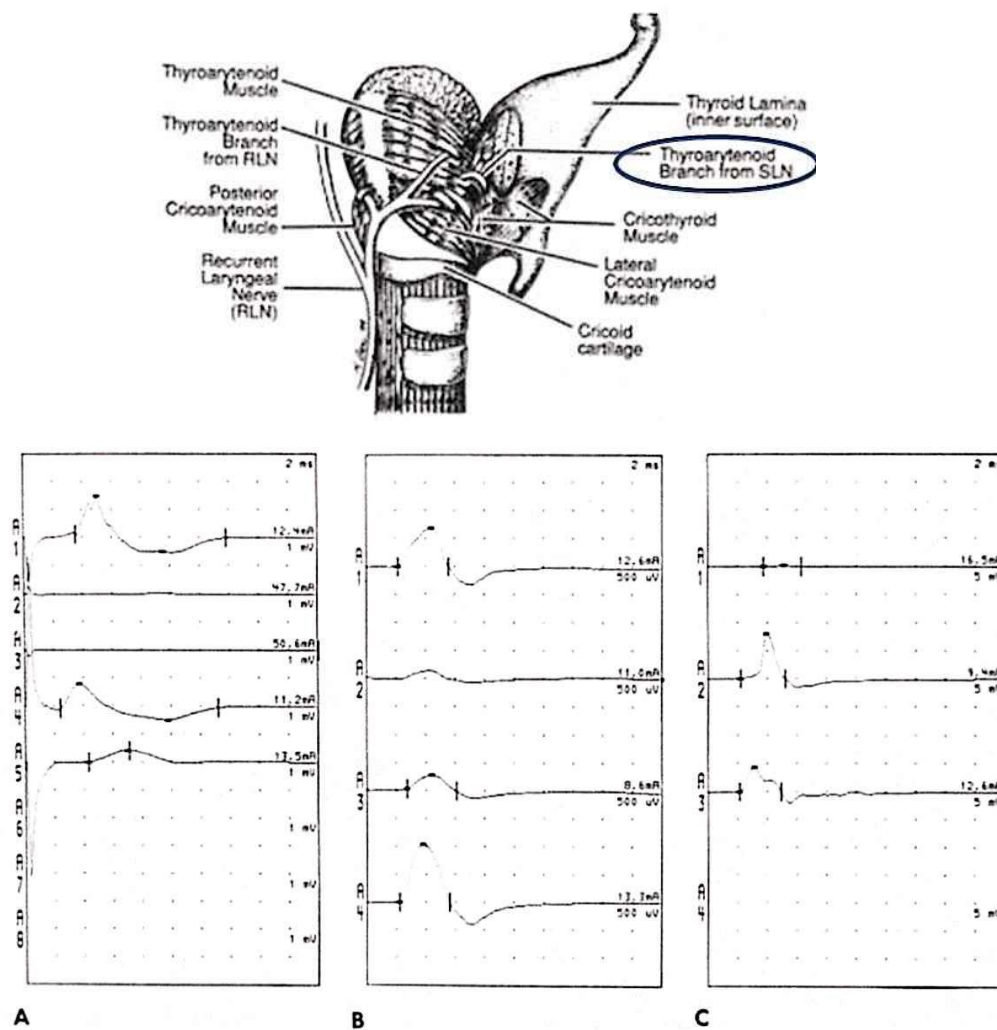


Figura 12 Modelo experimental en perro. Nervio laríngeo externo rama para musculo tiroaritenosoide. Potencial electromiografico motor. Tomada de Nasri y Cols. ,1997

Por otro lado en estos casos se objetivo como al estimular tanto el nervio recurrente como las ramas del nervio laríngeo externo la respuesta era significativamente mayor que de forma aislada. Por último por videolaringoscopia se objetivo la movilidad del pliegue vocal así como su onda mucosa tras la estimulación del nervio laríngeo externo,

De esta manera el papel que las conexiones entre los nervios laríngeos puedan tener está adquiriendo cada vez mayor importancia, pudiendo representar como ha sido descrita (Mayet, 1956; Sanders y Cols., 1993; Wu y Cols., 1994) y ya demostrado en el modelo animal (Nasri y Cols., 1997) una fuente secundaria de inervación de los distintos músculos intrínsecos de la laringe.

La variabilidad en la presencia de estas conexiones no solo entre los distintos individuos sino que la variabilidad en ellos mismos entre un lado y otro podría explicar las distintas situaciones clínicas, anteriormente expuestas, sin respuesta clara en el momento actual.

OBJETIVO:

Por todo lo anteriormente espuesto el objetivo del presente trabajo de investigación es conocer el patrón o patrones motores que puedan existir en la inervación laríngea valorando en el modelo humano, por medio de un estudio electromiográfico y anatómico de disección, la validez tanto del patrón clásico de inervación como de los puntos contradictorios que sobre él aparecen en la literatura: papel motor de las conexiones, doble inervación en cada musculo, papel del nervio laríngeo superior.

Hipótesis de trabajo:

Para ello en este estudio la **hipótesis básica de trabajo** es la que el patrón motor clásico de la laringe es cuestionable e insuficiente para explicar la movilidad de los músculos laríngeos. Las conexiones entre los tres nervios laríngeos podrían tener una función motora suplementaria que explicaría mejor el patrón motor real de la laringe.

Hipótesis secundarias:

- El nervio recurrente laríngeo participa en la inervación motora del músculo Cricotiroideo.
- El nervio laríngeo externo contiene fibras motoras para otros músculos de la laringe además de para el músculo Cricotiroideo.
- El nervio laríngeo interno no es un nervio sensitivo único y tiene un papel motor en determinadas ocasiones.
- Todo lo anterior estaría determinado por la presencia variable de las conexiones entre los nervios laríngeos que daría un patrón de inervación variable en cada individuo.

2 MATERIAL Y MÉTODOS

Material y Métodos:

El trabajo de investigación descrito en esta tesis, tanto en su planteamiento, desarrollo, obtención de material iconográfico y revisión bibliográfica, ha sido llevado a cabo en el Departamento de Anatomía Humana I de la Universidad Complutense de Madrid y en el Servicio de Otorrinolaringología del Hospital General Universitario Gregorio Marañón de Madrid.

El desarrollo de este estudio morfofuncional de la innervación humana, ha sido planteado para realizarse, en pacientes que por patología tumoral requieran una laringectomía total, llevando a cabo varios procedimientos:

- Estudio electromiográfico intraoperatorio de la laringe.
- Estudio anatómico de microdissección de la innervación laríngea.
- Estudio inmunohistoquímico de muestras nerviosas.

Para ello se incluyeron 14 pacientes, en los que se realizó una laringectomía total en el Hospital General Universitario Gregorio Marañón en los años 2009 y 2010 de acuerdo con los criterios de Inclusión-Exclusión planteados:

CRITERIOS DE INCLUSIÓN/EXCLUSIÓN
Pacientes sometidos a Laringectomía Total.
Pacientes con tumores T3-T4 gloto-subglóticos sin afectación de ambas hemilaringes.
Pacientes que tras un tratamiento previo de su lesión (Quimioterapia, Radioterapia) no presentaran una alteración secundaria de la laringe.
Pacientes en los que la duración del estudio intraoperatorio no supusiera un aumento del riesgo vital.
Pacientes en los que tras un conocimiento detallado del estudio dieran su consentimiento

La serie de pacientes estudiada incluye 13 Varones y 1 Mujer. La edad media es de 66 años, rango de edad de 53 a 86 años.

El 100% de los pacientes incluidos presento un carcinoma epidermoide. En el 85% (12 pacientes) el estadio tumoral era estadio III, el 15% (2 Pacientes) presento un estadio tumoral IV.

Seis pacientes fueron previamente tratados, en tres casos se realizó un tratamiento radioterápico, otros dos fueron sometidos previamente a una cirugía trasoral (con posterior RT en un caso) y uno de ellos se sometió a un tratamiento organopreservador con quimio radioterapia. En todos estos pacientes el tratamiento previo no tuvo éxito y fueron rescatados tomándose como opción terapéutica la realización de laringectomía total. Previamente a su inclusión, se constato que no presentaban alteraciones anatómicas incompatibles con el estudio.

PACIENTE	EDAD	GENERO	ESTADIO TUMORAL	TRATAMIENTO PREVIO	LADO ESTUDIADO
1	86	V	III	RT	R
2	84	V	III	No	L
3	54	V	III	QT-RT	R
4	53	M	III	No	L
5	57	V	III	No	R
6	70	V	III	RT	L
7	72	V	III	No	R
8	71	V	III	No	R
9	59	V	III	TO	R
10	57	V	III	No	L
11	56	V	IV	No	R
12	52	V	III	No	L
13	80	V	III	TO + RT	R
14	72	V	IV	RT	R

Tabla Distribución Epidemiologica de los pacientes incluidos en el estudio. V: Varon; M: Mujer; RT: Radioterapia; QT-RT: Quimio-radioterapia; TO: Cirugía Transoral.

Procedimiento Electromiográfico:

Para la realización del estudio electromiográfico intraoperatorio se ha utilizado el sistema de Monitorización neural NIM 2 (Medtronic Xomed Surgical Products, Inc 6743 Southpoint Drive North, Jacksonville, FL USA), utilizado anteriormente en otros estudios experimentales en animales en una situación similar, con buenos resultados (Nasri, 1997).



El tipo de electrodos utilizados han sido electrodos bipolares (Prass Paired EMG Electrodo; 18mm) y estimulador monopolar (Prass Stimulator Probe).



La grabación de las repuestas electromiograficas inicialmente (2 casos) fue mediante fotografía digital del monitor, y posteriormente mediante memoria USB modo MS2, en formato jpg.

La realización del procedimiento electromiográfico se desarrollo siguiendo las siguientes fases de manera sistemática, en cada caso:

1º Disección intraoperatoria de los nervios laríngeos:

Una vez realizados, según los casos del tratamiento quirúrgico de las aéreas ganglionares, el primer paso para realizar nuestro estudio ha sido la disección de los nervios laríngeos, en el lado libre de enfermedad.

Así el nervio recurrente laríngeo fue identificado y disecado en su relación con el lóbulo tiroideo antes de su entrada a la laringe por la membrana cricotiroidea.

El nervio laríngeo externo ha sido identificado y disecado en su descenso oblicuo sobre el musculo constrictor inferior de la faringe y en su relación sobre la laringe con el musculo esternohioideo.

Por último hemos identificado y disecado el nervio laríngeo interno en su relación con el pedículo laríngeo superior y la membrana tirohioidea.

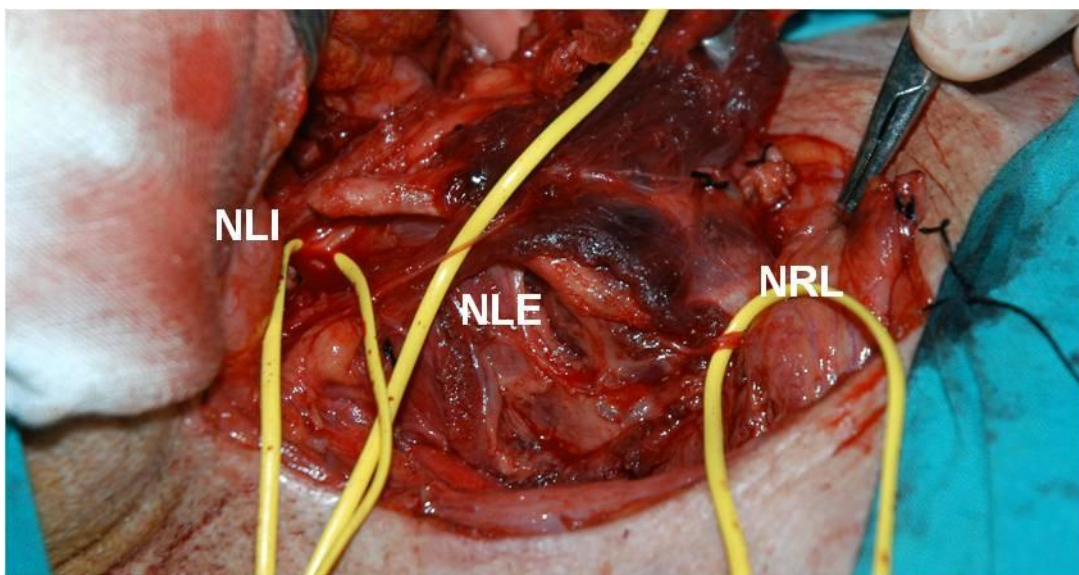


Figura 1: Disección nervios laríngeos. NR, NLE, NLI.

2º Identificación de la musculatura intrínseca y colocación de electrodos:

Tras la identificación de los nervios laríngeos y siguiendo con los pasos de la laringuectomía se expusieron cuatro de los músculos intrínsecos de la laringe objeto de nuestro estudio y se monitorizaron colocando los electrodos correspondientes:

El **músculo cricotiroides**, fue fácilmente identificado debido a su posición superficial, tras la musculatura prelaríngea.

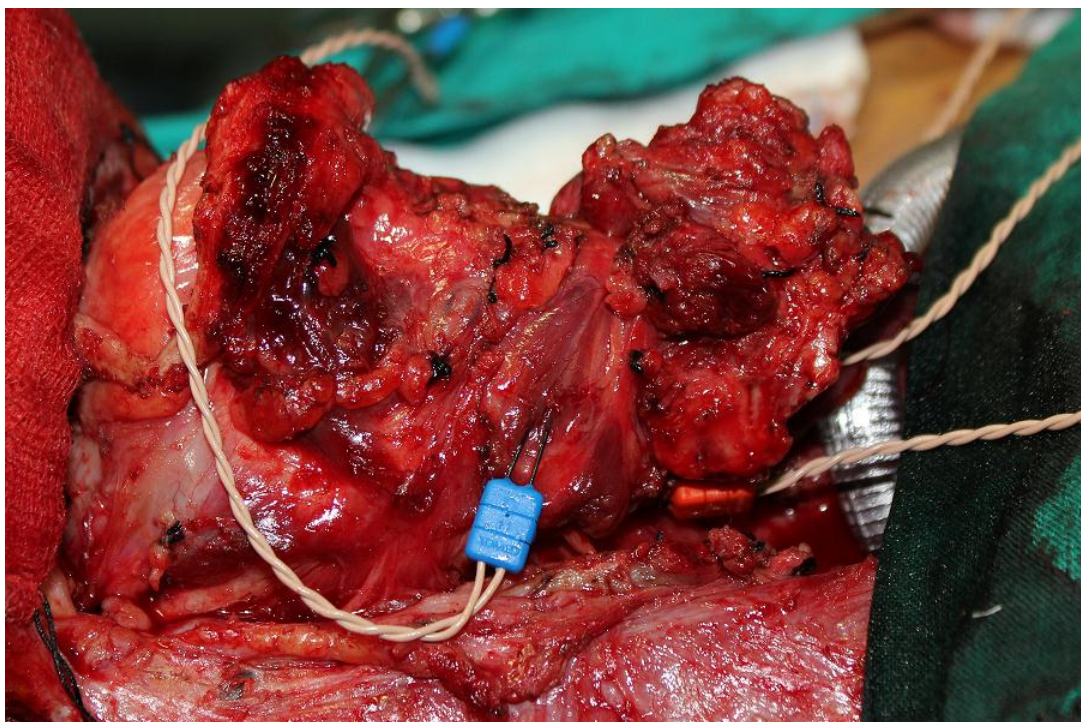


Figura 2 Detalle Colocación electrodo Musculo cricotiroides (Azul) electrodos de derivación (verde) y cierre de circuito de estimulación (Blanco, Rojo)

Para identificar el **músculo Tiroaritenoides** se realizó una faringotomía a nivel de vallecula en el lado oncológicamente seguro, identificándolo en la hemilaringe sana. Igualmente a través de la faringotomía se identificó la **musculatura aritenoides**.

Por último tras vascular la laringe, una vez seccionada la musculatura constrictora se identifico el **músculo Cricoaritenideo posterior** tras separar cuidadosamente la mucosa retrocricoidea.

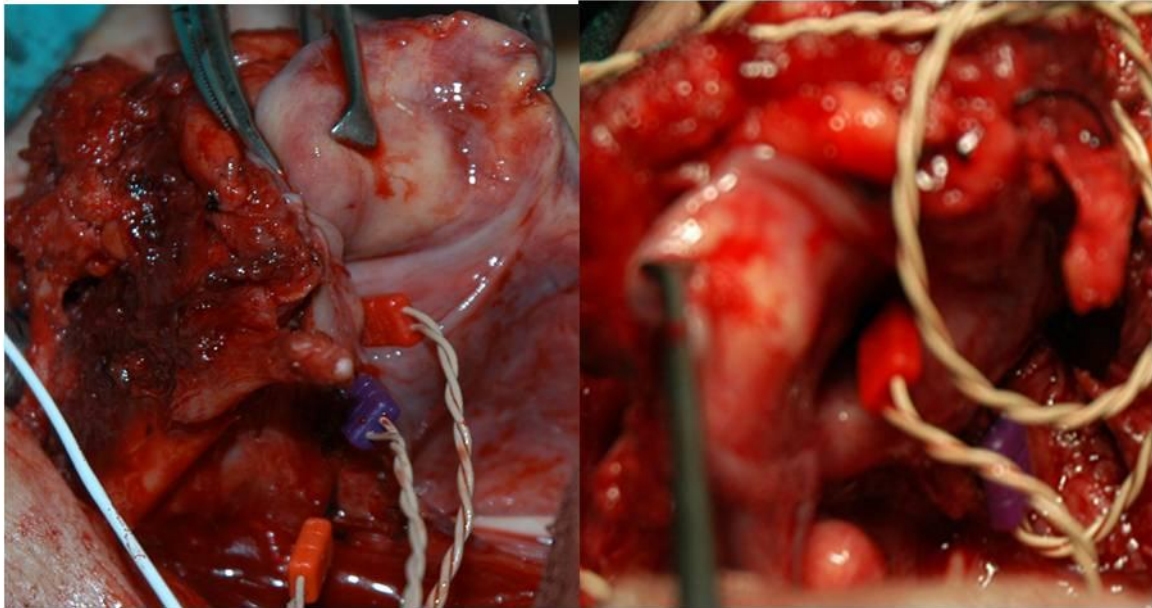


Figura 3 Detalle colocación electrodo, músculos Tiroaritenideo (Rojo), Aritenoideo (Morado), Cricoaritenideo Posterior (Naranja).

3º Estimulación electromiográfica:

Inicialmente hemos comenzado registrando la actividad espontanea de cada uno de los músculos, denominando este registro como actividad basal.

Posteriormente se comenzó la eletroestimulación comenzando por el nervio recurrente laríngeo con una intensidad inicial de 0,25mA que se fue incrementando hasta obtener el máximo de respuesta, es decir hasta obtener un potencial de acción que no incrementaba al incrementar la estimulación. Por lo general este máximo se obtenía en 1,25mA.

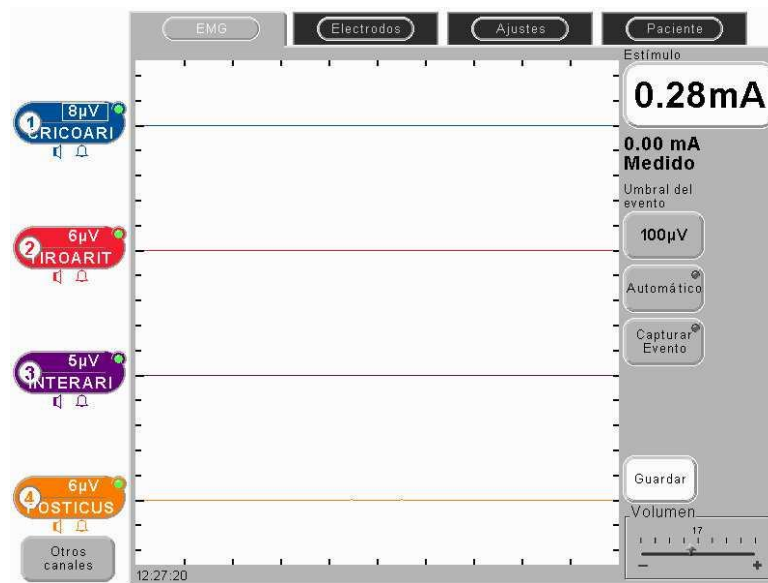


Figura 4 Respuesta basal de la musculatura intrínseca laríngea.

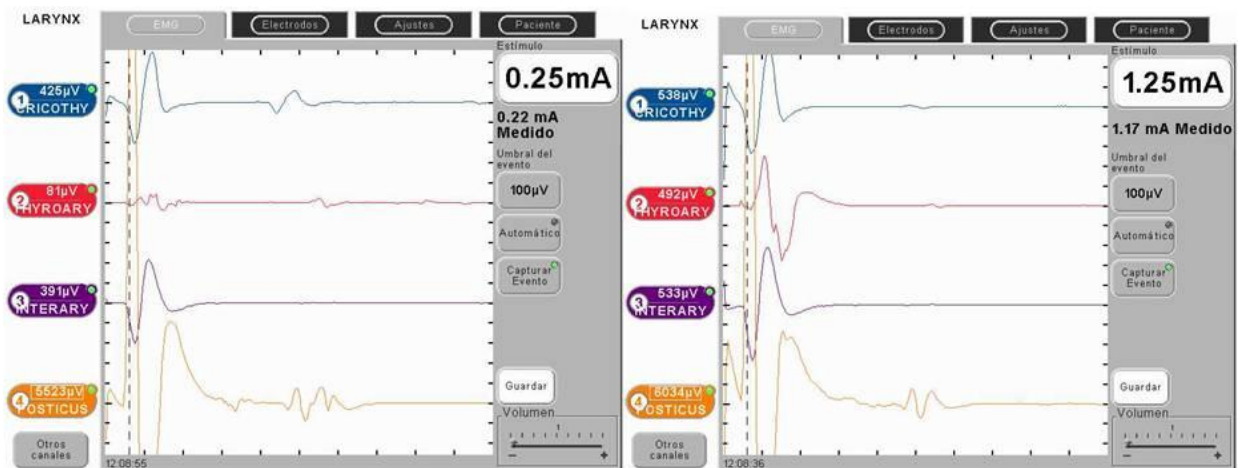


Figura 5 Respuesta inicial a 0,25mA y máxima a 1,25mA.

Tras la estimulación del nervio recurrente laríngeo se continuó con la del laríngeo externo y finalmente con la del nervio laríngeo interno.

Todos estos registros electromiográficos han sido grabados y posteriormente estudiados con la colaboración de un experto en electromiografía, dando validez a cada respuesta según una serie de criterios de validez electromiográficos (Faarborg-Andersen, 1957):

CRITERIOS DE VALIDEZ ELECTROMIOGRAFICA	
Potencial de respuesta evocado de al menos 50μV (4 veces el valor del umbral base de cada musculo)	
Latencia de aparición del potencial de respuesta evocado de menos de 2 milisegundos	
Pacientes que tras un tratamiento previo de su lesión (Quimioterapia, Radioterapia) no presentaran una alteración secundaria de la laringe.	
Forma del potencial de respuesta evocado que indique naturaleza motora del mismo.	
Todos los valores en el límite se han rechazado	

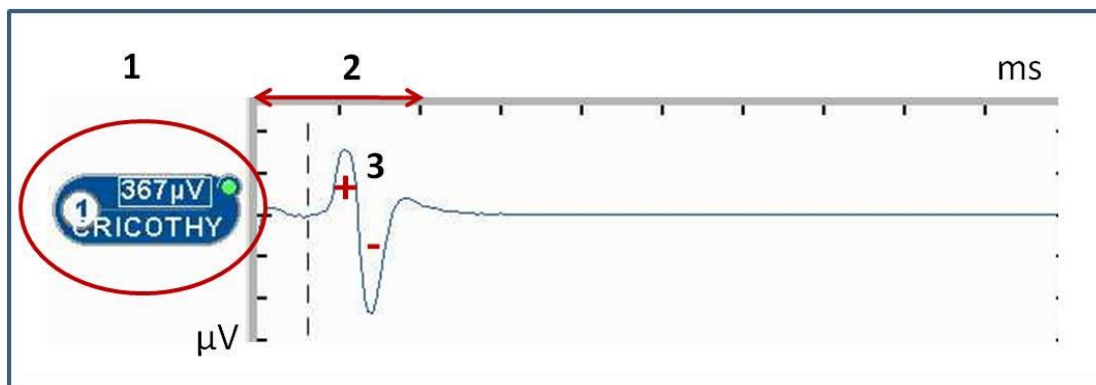


Figura 6 Criterios de validez electromiografica: 1 Potencial mayor a 50 μ V 2 Latencia menor a 2ms; 3 Potencial motor fase de deflexión positiva y negativa.

Además de estos criterios de validez para evitar respuestas falsas este proceso de estimulación ha sido realizado siempre por el mismo observador, durante la laringectomía total con el mismo cirujano y anestesista, teniendo en cuenta una serie de condiciones que pueden variar las respuestas electromiográficas.

-Estado de relajación del paciente: En todo caso se ha pretendido que la relajación anestésica este presente durante los tiempos iniciales de la cirugía, disminuyendo al iniciar la laringectomía, pero el tiempo de lavado del relajante no es igual en cada paciente por lo que este hecho se ha tenido en cuenta a la hora del estudio.

- Fijación tumoral de la cuerda vocal: en este sentido en 2 pacientes debido a la fijación del musculo Tiroaritenosoideo por la lesión, el registro de este músculo no se ha tenido en cuenta, ya que se estima sea mayor del obtenido.

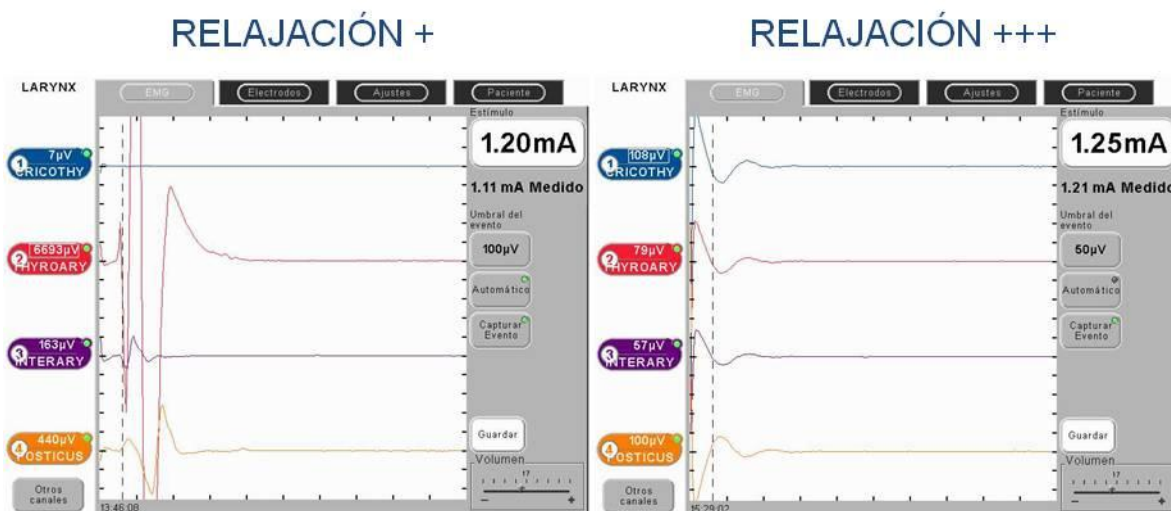


Figura 7 Variación de amplitud de respuesta según el grado de relajación muscular.

Procedimiento anatómico de microdissección:

Con el fin de correlacionar los hallazgos electromiográficos con la anatomía de la innervación laríngea en cada paciente, se realizó un estudio de disección bajo microscópico de la innervación laríngea.

El material utilizado en esta parte del estudio ha sido:

- Material de microdissección: micropinzas, microtijeras
- Microscopio Zeiss.
- Grabador/capturador fotográfico Mediacapture ® USB 2.0.



Figura 8 Mesa y material de disección

Esta fase del estudio se desarrollo inmediatamente tras realizarse la estimulación. Para ello antes de terminar la laringuectomía los nervios laríngeos fueron marcados con sutura en el lado oncológicamente sano para posteriormente en una mesa de disección seguir su trayecto disecando, según las recomendaciones para disección nerviosa, aquellas conexiones y ramificaciones existentes entre estos.

Fundamentalmente se disecaron aquellas conexiones entre el ILN-RLN, ILN-ELN, ELN-RLN que son susceptibles de ser variables: estas incluyen la

conexión cricotiroidea, foramen tiroideo, conexión tiroaritenoides y plexo Aritenoides superficial.

El ramo comunicante de Galeno fue solamente disecado en aquellos casos en que había suficiente mucosa para el cierre faríngeo.

Procedimiento Inmunohistoquímico:

Como procedimiento complementario y con el fin de esclarecer el posible papel motor de las conexiones descritas se realizó, un estudio inmunohistoquímico, en el departamento de Anatomía Humana I de la Universidad Complutense de Madrid, de la siguiente forma:

Una vez extraídos los nervios laríngeos, y todas las conexiones posibles, se embebieron en una solución de paraformaldehído al 4 % en tampón fosfato salino (PBS, 0.1 M, pH 7.4) durante dos días. A continuación se lavaron con PBS y se deshidrataron mediante una batería de alcoholes de concentración creciente, se sumergieron en butanol y se incluyeron en parafina. Los bloques de los nervios incluidos en parafina se cortaron mediante un micrótomos (Leica) en secciones transversales de 12 μ m de grosor, que fueron colocadas sobre portas xilinizados, secados durante toda una noche y almacenados para su posterior estudio inmunohistoquímico.

Para realizar la detección inmunohistoquímica de la colin-acetiltransferasa (ChAT) se seleccionaron, de cada una de las series de portas de cada nervio o conexión, tres portas.

Las muestras se desparafinaron mediante xilol y se hidrataron pasándolos por una batería de alcoholes de concentración decreciente (100°-96°-90°-70°) y un último baño en agua destilada. A continuación se sometió a las muestras a un desenmascaramiento de antígenos, mediante un tratamiento químico. Para ello, las muestras se incubaron durante 20 minutos en una solución tampón de citrato de sodio (10.2 mM, pH 6.1) a 95°C. Después de realizar lavados con tampón Tris salino (TBS, 0.1M, pH 7.4) se inhibieron las peroxidasas endógenas mediante la incubación con una solución de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) al 3,3% en TBS durante 30 minutos. Tras siete lavados con TBS conteniendo el 0.3% de Triton X-100 (TBST) las muestras se trataron durante 1 hora con una solución bloqueante de uniones inespecíficas, que contiene un 10% de suero del animal en el que se genera el anticuerpo secundario (en este caso suero de caballo), así como un 3% de suero de albumina bovina (BSA), ambos sueros diluidos en TBST. Inmediatamente después las muestras se incubaron durante 48 horas con el anticuerpo primario anti-ChAT, generado en cabra (AB144P; Chemicon) a una concentración de 1:50, diluido en una solución de suero de caballo al 10% en TBST. A continuación se realizaron una serie de 7 a 10 lavados con TBST y se incubó durante 24 horas con el anticuerpo secundario anti-cabra conjugado a biotina (1:200; Vector) en una solución de TBST. El sobrante de anticuerpo secundario se eliminó tras la incubación mediante siete lavados con TBST para, a continuación, incubar durante una hora las muestras con el complejo avidina-biotina-peroxidasa (Kit ABC; Vector; 1:100). Tras realizar dos lavados en TBST, dos lavados en TBS y tres lavados en tampón Tris (TB, 0.1M, pH 7.4) las muestras se incubaron con DAB intensificada con níquel y H₂O₂ (Peroxidase DAB substrate kit; Vector) en

oscuridad durante un mínimo de 2 minutos y un máximo de 8 minutos. Así, la avidina presente en el kit ABC-peroxidasa se une a la biotina conjugada al trazador. A la avidina se unen, a su vez, varias biotinas también presentes en el kit, puesto que la avidina tiene cuatro sitios de unión de gran afinidad para la biotina. Las biotinas del kit se encuentran conjugadas a la enzima peroxidasa. Después del proceso de conjugación con el kit ABC, la señal del anticuerpo secundario biotinado está enormemente amplificada. Al poner en contacto las enzimas con el DAB-niquel, éste sufrirá un proceso de oxidación, dejando un precipitado azul oscuro en aquellos lugares donde esté presente el anticuerpo. Una vez revelada la presencia de ChAT, los portales se sumergieron en diversos alcoholes de graduación creciente (50°-70°-96°-100°), para deshidratar el tejido, y a continuación en xilol, para poder proceder a su montaje con DPX (Fluka) y ser analizadas mediante microscopía óptica

Análisis de Resultados:

Finalmente tanto los resultados del procedimiento electromiográfico como los derivados de las disecciones y estudio inmunohistoquímico posteriores fueron analizados en conjunto en el departamento de Anatomía Humana I de la Universidad Complutense de Madrid, creando una tabla final de datos que resume todos los resultados obtenidos y a partir de la cual se crearon las conclusiones de este trabajo tras previa comparación con los resultados obtenidos en estudios previos sobre la innervación laríngea.

3 RESULTADOS

Resultados:

Casos Estudiados:

A continuación se expone la relación de resultados del estudio para cada uno de los pacientes, incluidos.

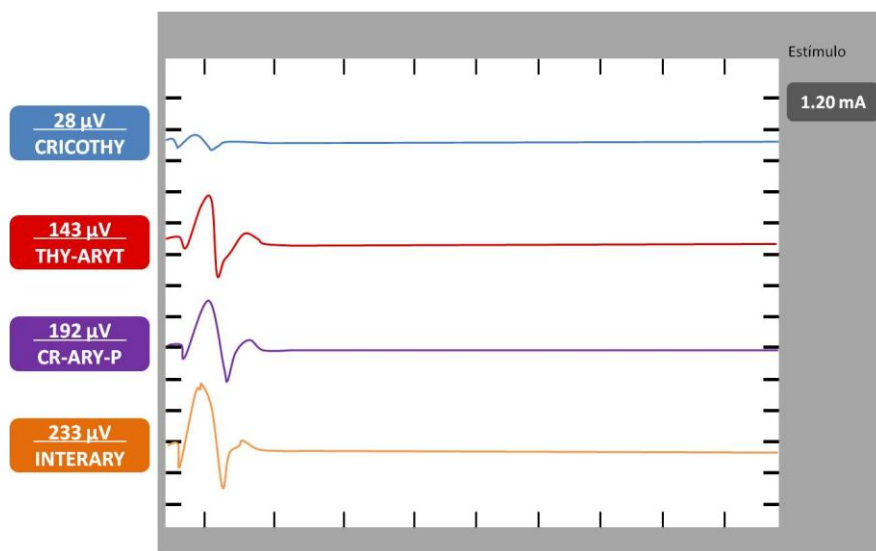
CASO 1:

Paciente Varón de 86 años de edad sin cirugías previas con carcinoma epidermoide gloto-subglótico que afecta a la hemilaringe izquierda (Estadio III) tratado previamente el año anterior con RT sin éxito pero sin efectos adversos en la estructura laríngea, acepta el tratamiento quirúrgico de rescate y es incluido en el estudio.

Fase 1: Procedimiento Electromiográfico:

En este caso se realizó una monitorización de la musculatura del lado derecho así como una estimulación de la innervación derecha, con los siguientes resultados:

Tras el estímulo del **nervio laríngeo recurrente**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Tiroaritenideo (TA), Aritenoideo (A) y Cricoaritenideo Posterior (CAP).



Esquema Resultados electromiográficos obtenidos tras estímulo del NLR Caso 1

Tras el estímulo del **nervio laríngeo externo**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Cricotiroideo (CT) y Aritenoideo.

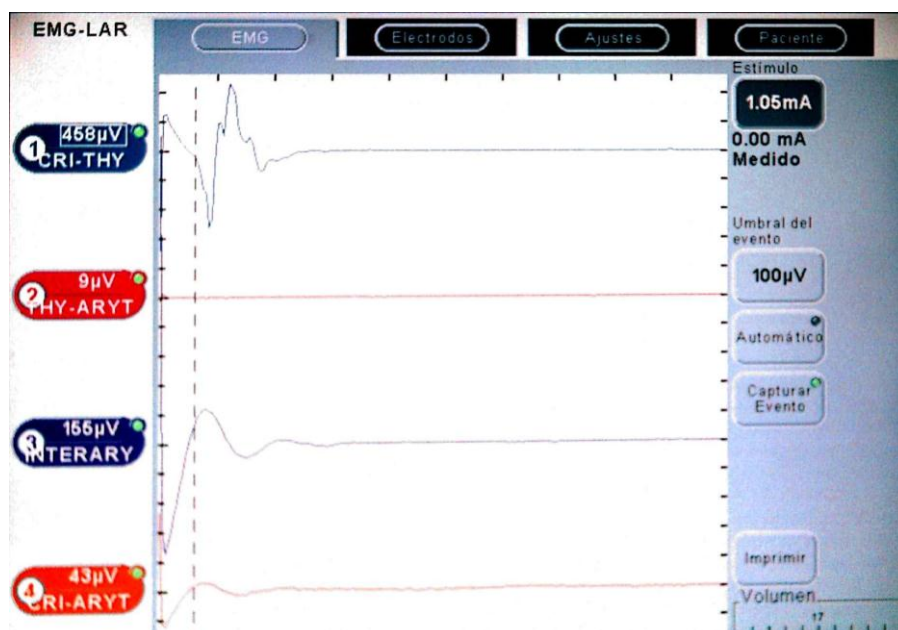
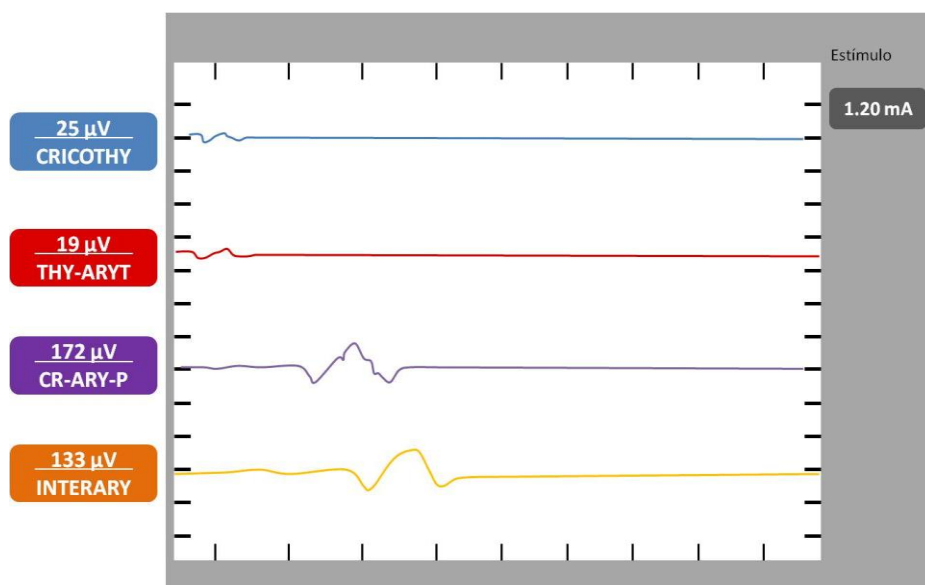


Imagen fotográfica monitor. Respuesta electromiográfica NLE Caso1

Tras el estímulo del **nervio laríngeo Interno**, se obtuvo una respuesta sin cumplir todos los criterios (latencia tardia) en los músculos: Aritenoideo y Cricoaritenideo Posterior.



Esquema Resultados electromiográficos obtenidos tras estímulo del NLI Caso 1

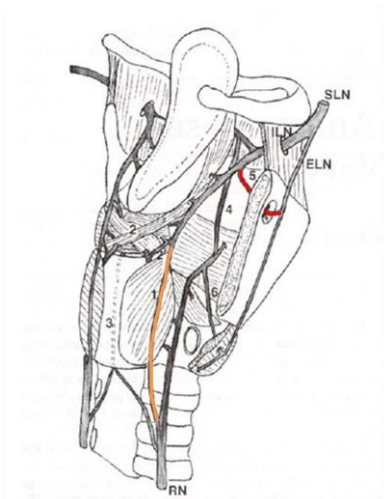
RESULTADOS LEMG CASO 1

	CT	TA	A	CAP
NLR	28 μ V	143 μ V	192 μ V	233 μ V
NLE	458 μ V	9 μ V	155 μ V	43 μ V
NLI	25 μ V	19 μ V	172 μ V	133 μ V

Respuesta electromiográficas: En **verde** respuestas validadas según los criterios electromiográficos establecidos y son respuestas esperadas. En **Naranja** respuestas electromiográficas validadas pero no esperadas teniendo en cuenta la innervación laríngea "clásica". En **Rojo** respuestas electromiográficas no validadas por incumplir los criterios electromiográficos (Respuestas tardías / latencias mayores a 2 ms).

Fase 2: Procedimiento Anatómico de microdissección:

Tras obtener la pieza procedente de la laringectomía con los nervios laríngicos marcados se hizo una microdissección en el lado derecho (lado oncológicamente sano) identificándose las siguientes conexiones laríngicas: Ramo comunicante de Galeno Y Foramen Tiroideo.



CONEXIONES			
CT	FT	RCG	OTR. C
No	Si	Si	No

Conexiones: **Cricotiroidea** (CT),
Foramen Tiroideo (FT), **Ramo**
Comunicante de Galeno (RCG),
Otras (OTR.C)

Conexiones Caso 1 Esquema tomado y modificado de Sañudo y cols., 1999

CASO 2:

Paciente Varón de 84 años de edad, diagnosticado de carcinoma epidermoide gloto-subglotico que afecta a la hemilaringe derecha y que tras la exposición de las diferentes terapéuticas accede al tratamiento quirúrgico, mediante laringuectomía total, incluyéndose en el estudio.

Fase 1: Procedimiento Electromiográfico:

En este caso se realizó una monitorización de la musculatura del lado izquierdo y al ser oncológicamente seguro también fue posible la monitorización del lado derecho, realizando una estimulación de la innervación izquierda, con los siguientes resultados:

Tras el estímulo del **nervio laríngeo recurrente izquierdo**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Cricotiroideo, Tiroaritenideo, Aritenideo y Cricoaritenideo Posterior y en el lado contralateral en Aritenideo y Cricoaritenideo Posterior (Tiroaritenideo Fijo).



Imagen fotográfica de la monitorización. Respuesta electromiográfica NLR Izquierdo. Musculatura Izquierda y Derecha Caso 2

Tras el estímulo del **nervio laríngeo externo Izquierdo**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Cricotiroideo y Cricoaritenideo posterior y en el lado contralateral el Cricotiroideo.



Imagen fotográfica de la monitorización. Respuesta electromiográfica NLE Izquierdo Caso2

Tras el estímulo del **nervio laríngeo Interno Izquierdo**, únicamente se obtuvo una respuesta tardía (latencia mayor 2ms) en el lado izquierdo en el musculo Cricoaritenideo posterior.

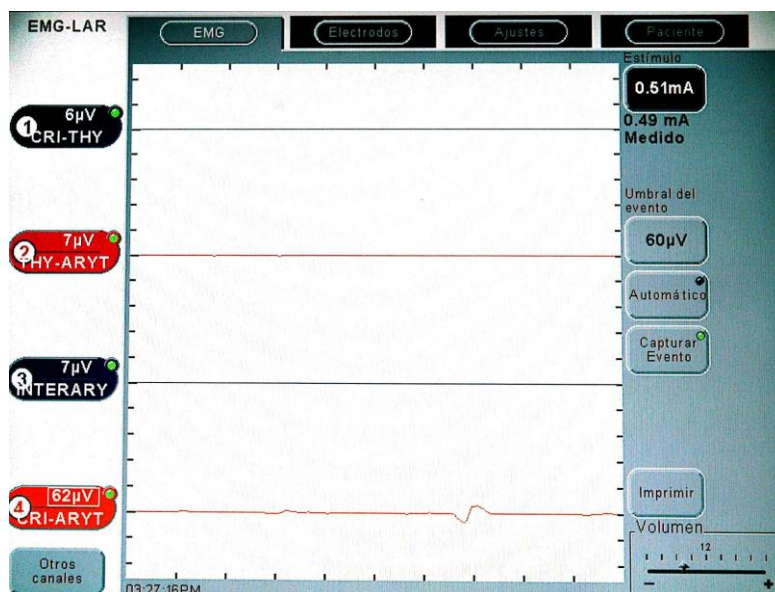


Imagen fotográfica de la monitorización tras estímulo del NLI izquierdo Caso2

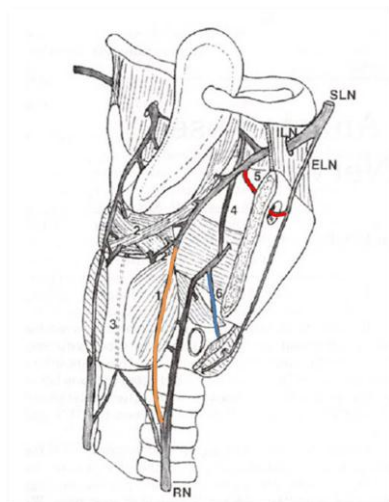
RESULTADOS LEMG CASO 2

	CT	TA	A	CAP
NLR	72μV	65 μV	568 μV	854 μV
	C 34 μ V	C 5 μ V	C 193 μV	C 76 μV
NLE	5301 μV	17 μ V	20 μ V	466 μV
	C 145 μV	C 7 μ V	C 12 μ V	C 15 μ V
NLI	6 μ V	7 μ V	7 μ V	62 μV

Respuesta electromiográficas: En **verde** respuestas validadas según los criterios electromiográficos establecidos y son respuestas esperadas. En **Naranja** respuestas electromiográficas validadas pero no esperadas teniendo en cuenta la innervación laríngea "clásica". En **Rojo** respuestas electromiográficas no validadas por incumplir los criterios electromiográficos (Respuestas tardías / latencias mayores a 2 ms). C (Músculatura Contralateral)

Fase 2: Procedimiento Anatómico de microdissección:

En este caso se hizo una disección del lado izquierdo encontrando las siguientes conexiones: Cricotiroidea, Foramen Tiroideo y Ramo de Galeno.



CONEXIONES			
CT	FT	RCG	OTR. C
Si	Si	Si	No

Conexiones: **Cricotiroidea** (CT),
Foramen Tiroideo (FT), **Ramo**
Comunicante de Galeno (RCG),
Otras (OTR.C)

Conexiones Caso 2 Esquema tomado y modificado de Sañudo y cols., 1999

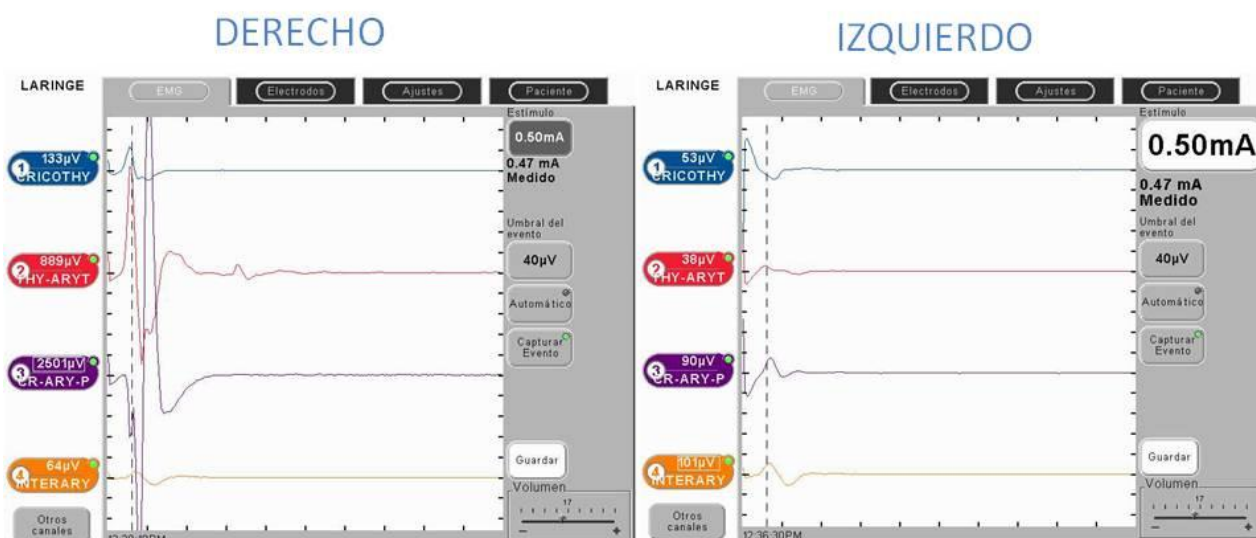
CASO 3:

Paciente Varón de 54 años de edad, diagnosticado de carcinoma epidermoide que afecta a la hemilaringe izquierda (Estadio tumoral III), tratado previamente sin éxito con Quimio-radioterapia, accede al tratamiento quirúrgico de rescate, mediante laringuectomía total, siendo incluido en el estudio.

Fase 1: Procedimiento Electromiográfico:

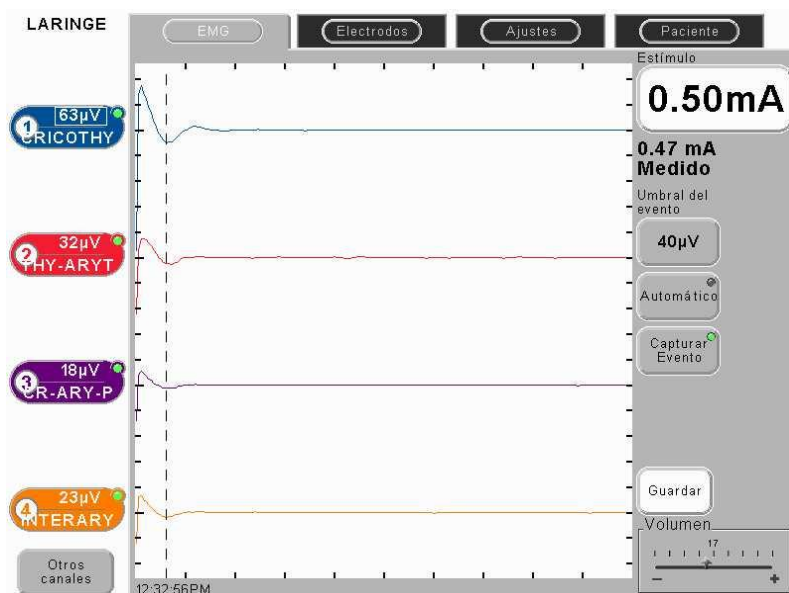
En este caso se realizó una monitorización de la musculatura del lado derecho y al ser oncológicamente seguro también fue posible la monitorización del lado izquierdo, realizándose la estimulación de la innervación laríngea derecha, con los siguientes resultados:

Tras el estímulo del **nervio laríngeo recurrente derecho**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Cricotiroideo, Tiroaritenideo, Aritenideo y Cricoaritenideo Posterior y en el lado contralateral en Cricotiroideo, Aritenideo y Cricoaritenideo Posterior (Tiroaritenideo Fijo).



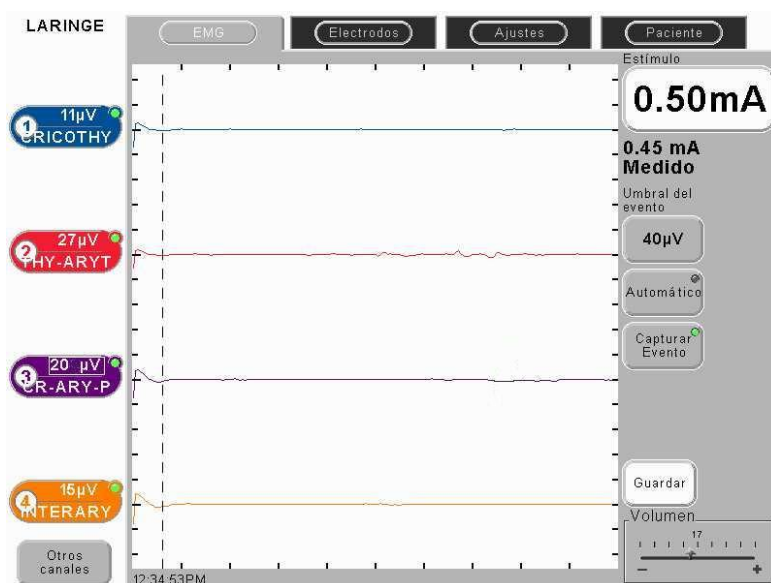
Respuesta electromiográfica NLR Derecho. Musculatura Izquierda y Derecha Caso 3

Tras el estímulo del **nervio laríngeo externo derecho**, en este caso se obtuvo únicamente una respuesta positiva electromiográfica en el músculo Cricotiroideo.



Respuesta electromiográfica NLE Derecho Caso 3.

Tras el estímulo del **nervio laríngeo Interno Derecho**, en este caso no se obtuvo ninguna respuesta electromiográfica significativa.



Respuesta electromiográfica tras la estimulación NLI derecho Caso3.

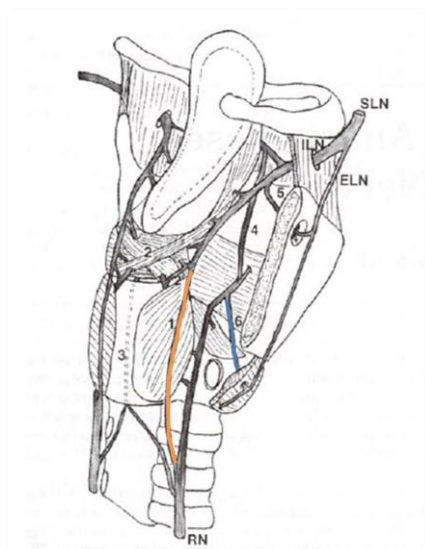
RESULTADOS LEMG CASO 3

	CT	TA	A	CAP
NLR	133μV	889 μV	854 μV	2501 μV
	C 53 μV	C 38μV	C 101 μV	C 90 μV
NLE	63 μV	32 μ V	23 μ V	18 μ V
NLI	11 μ V	27 μ V	15 μ V	20 μ V

Respuesta electromiográficas: En **verde** respuestas validadas según los criterios electromiográficos establecidos y son respuestas esperadas. En **Naranja** respuestas electromiográficas validadas pero no esperadas teniendo en cuenta la innervación laríngea "clásica". En **Rojo** respuestas electromiográficas no validadas por incumplir los criterios electromiográficos (Respuestas tardías / latencias mayores a 2 ms). C (Músculatura Contralateral)

Fase 2: Procedimiento Anatómico de microdissección:

En este caso se hizo una disección del lado derecho encontrando las siguientes conexiones: Cricotiroidea bilateral y Ramo de Galeno.



Conexiones Caso 3 Esquema tomado y modificado de Sañudo y cols., 1999

CONEXIONES			
CT	FT	RCG	OTR. C
Si	NO	Si	No
Bilateral			

Conexiones: **Cricotiroidea** (CT),
Foramen Tiroideo (FT), **Ramo**
Comunicante de Galeno (RCG),
Otras (OTR.C)

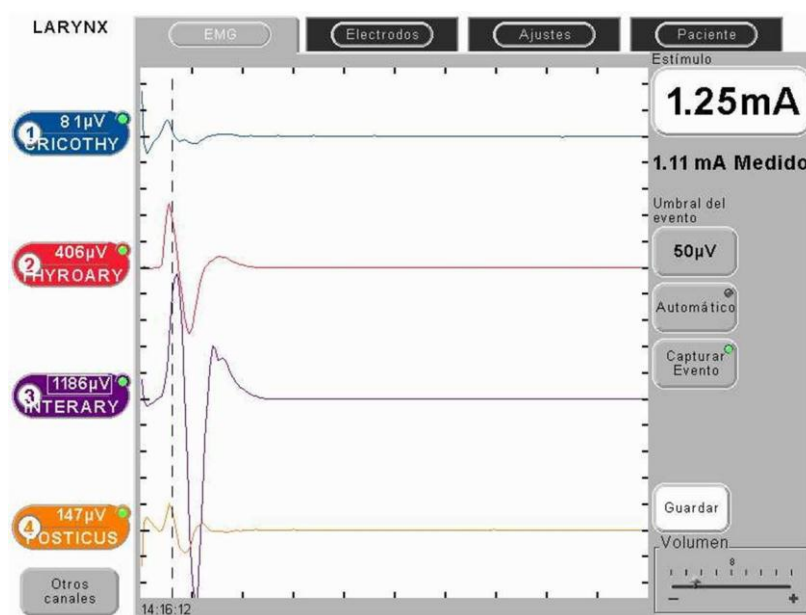
CASO 4:

Paciente mujer de 53 años sin antecedentes previos es diagnosticada de carcinoma epidermoide que afecta a la hemilaringe derecha (Estadio III) tras la exposición de las opciones terapéuticas acepta la intervención quirúrgica y es incluida en el estudio.

Fase 1: Procedimiento Electromiográfico:

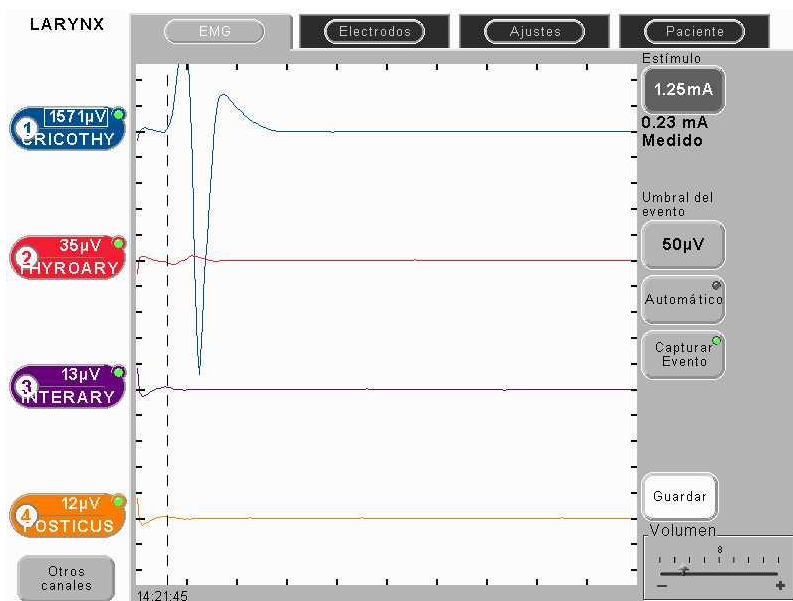
En este caso se realizó una monitorización de la musculatura laríngea del lado izquierdo así como una estimulación de la innervación izquierda, con los siguientes resultados:

Tras el estímulo del **nervio laríngeo recurrente**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Cricotiroideo (CT) Tiroaritenideo (TA), Aritenoideo (A) y Cricoaritenideo Posterior (CAP).



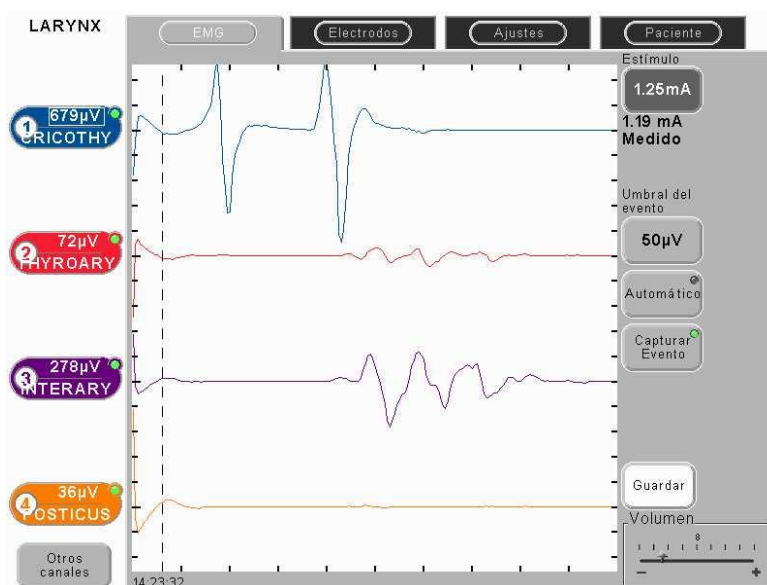
Resultados electromiográficos tras la estimulación NLR izquierdo Caso 4

Tras el estímulo del **nervio laríngeo externo**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en el músculo Cricotiroides (CT).



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLE Caso 4.

Tras el estímulo del **nervio laríngeo Interno**, se obtuvo una respuesta sin cumplir todos los criterios (latencia tardía) en los músculos: Cricotiroides, Tiroaritenoides y Aritenoides.



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLI Caso 4.

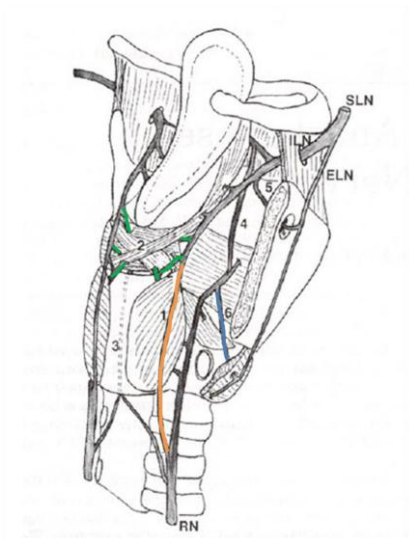
RESULTADOS LEMG CASO 4

	CT	TA	A	CAP
NLR	81 μ V	406 μ V	1186 μ V	147 μ V
NLE	1571 μ V	35 μ V	13 μ V	12 μ V
NLI	679 μ V	72 μ V	278 μ V	36 μ V

Respuesta electromiográficas: En **verde** respuestas validadas según los criterios electromiográficos establecidos y son respuestas esperadas. En **Naranja** respuestas electromiográficas validadas pero no esperadas teniendo en cuenta la innervación laríngea "clásica". En **Rojo** respuestas electromiográficas no validadas por incumplir los criterios electromiográficos (Respuestas tardías / latencias mayores a 2 ms).

Fase 2: Procedimiento Anatómico de microdissección:

En este caso se realizó una disección de la innervación laríngea del lado izquierdo identificándose las siguientes conexiones: Cricotiroidea, Ramo comunicante de Galeno y Plexo Aritenoideo Superficial.



CONEXIONES			
CT	FT	RCG	OTR. C
Si	No	Si	Si

Conexiones: **Cricotiroidea** (CT),
Foramen Tiroideo (FT), **Ramo**
Comunicante de Galeno (RCG),
Otras (OTR.C / Plexo Aritenoideo
 Superficial)

Conexiones Caso 4 Esquema tomado y
 modificado de Sañudo y cols., 1999

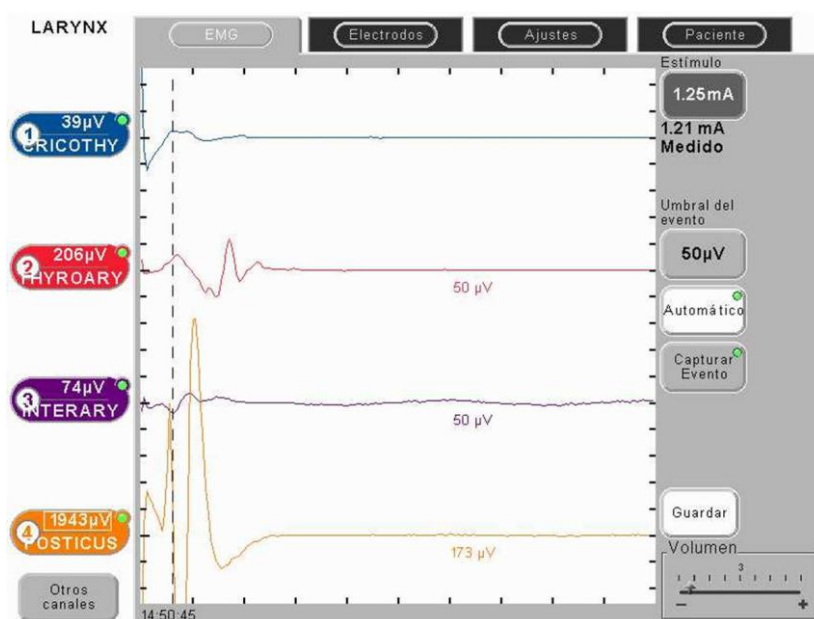
CASO 5:

Paciente varón de 57 años sin antecedentes previos diagnosticado de carcinoma epidermoide que afecta a la hemilaringe Izquierda (Estadio III), tras la exposición de las opciones terapéuticas acepta la intervención quirúrgica y es incluido en el estudio.

Fase 1: Procedimiento Electromiográfico:

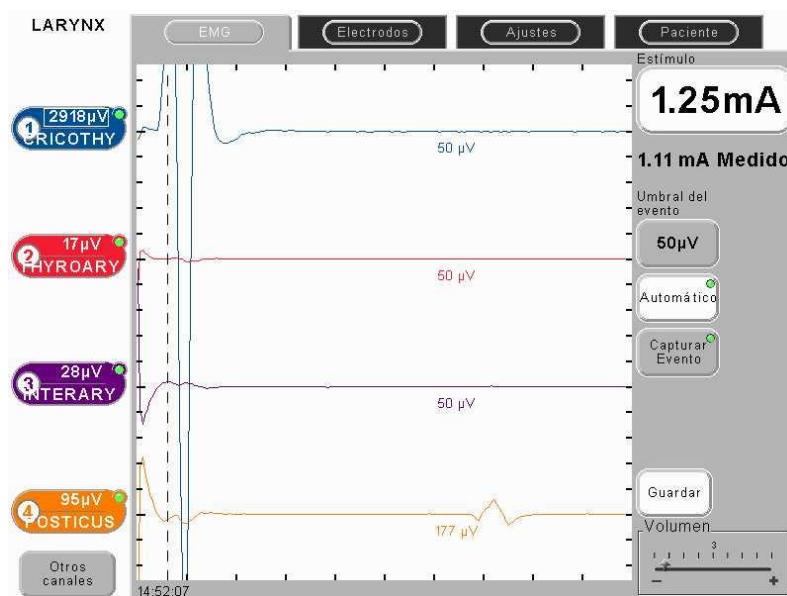
En este caso se realizó una monitorización de la musculatura laríngea del lado derecho así como una estimulación de la innervación derecha, con los siguientes resultados:

Tras el estímulo del **nervio laríngeo recurrente**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Tiroaritenoides (TA), Aritenoides (A) y Cricoaritenoides Posteriores (CAP).



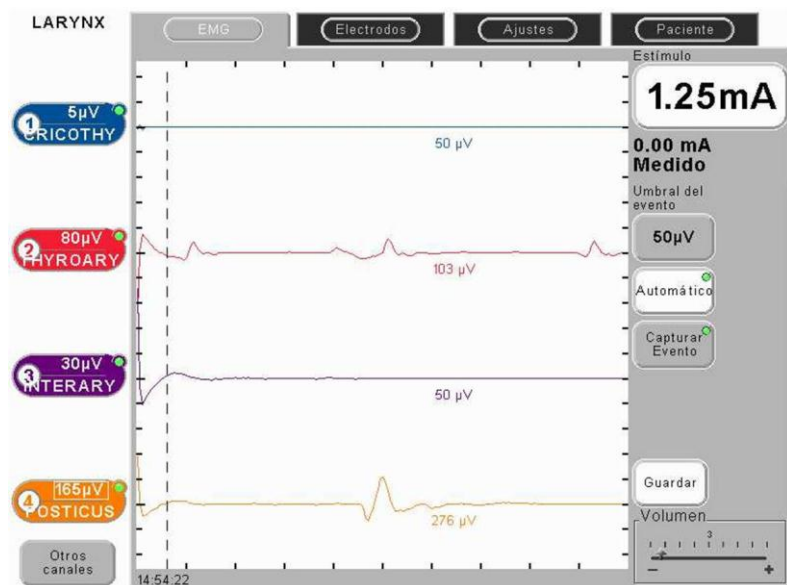
Resultados electromiográficos tras la estimulación NLR Caso 5

Tras el estímulo del **nervio laríngeo externo**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en el músculo Cricotiroideo (CT) y una respuesta tardía del Cricoaritenideo posterior.



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLE Caso 5.

Tras el estímulo del **nervio laríngeo Interno**, se obtuvo una respuesta sin cumplir todos los criterios (latencia tardía) en el musculo Tiroaritenideo, Aritenoideo y Cricoaritenideo Posterior.



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLI Caso 5.

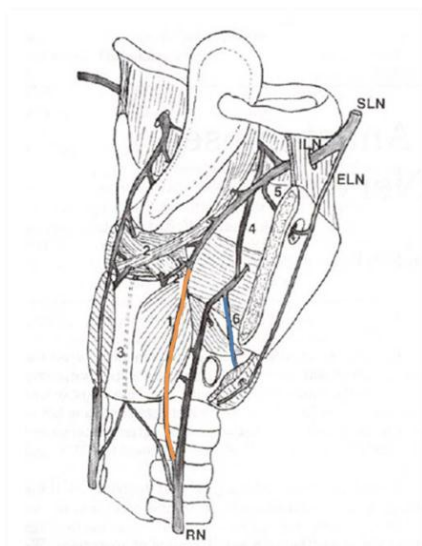
RESULTADOS LEMG CASO 5

	CT	TA	A	CAP
NLR	39 μ V	1206 μ V	79 μ V	1943 μ V
NLE	2918 μ V	17 μ V	28 μ V	95 μ V
NLI	5 μ V	80 μ V	30 μ V	165 μ V

Respuesta electromiográficas: En **verde** respuestas validadas según los criterios electromiográficos establecidos y son respuestas esperadas. En **Naranja** respuestas electromiográficas validadas pero no esperadas teniendo en cuenta la innervación laríngea "clásica". En **Rojo** respuestas electromiográficas no validadas por incumplir los criterios electromiográficos (Respuestas tardías / latencias mayores a 2 ms).

Fase 2: Procedimiento Anatómico de microdissección:

En este caso se realizó una disección de la innervación laríngea del lado derecho identificándose las siguientes conexiones: Cricotiroidea, Ramo comunicante de Galeno.



CONEXIONES			
CT	FT	RCG	OTR. C
Si	No	Si	No

Conexiones: **Cricotiroidea** (CT),
Foramen Tiroideo (FT), **Ramo Comunicante de Galeno** (RCG),
Otras (OTR.C)

Conexiones Caso 5 Esquema tomado y modificado de Sañudo y cols., 1999

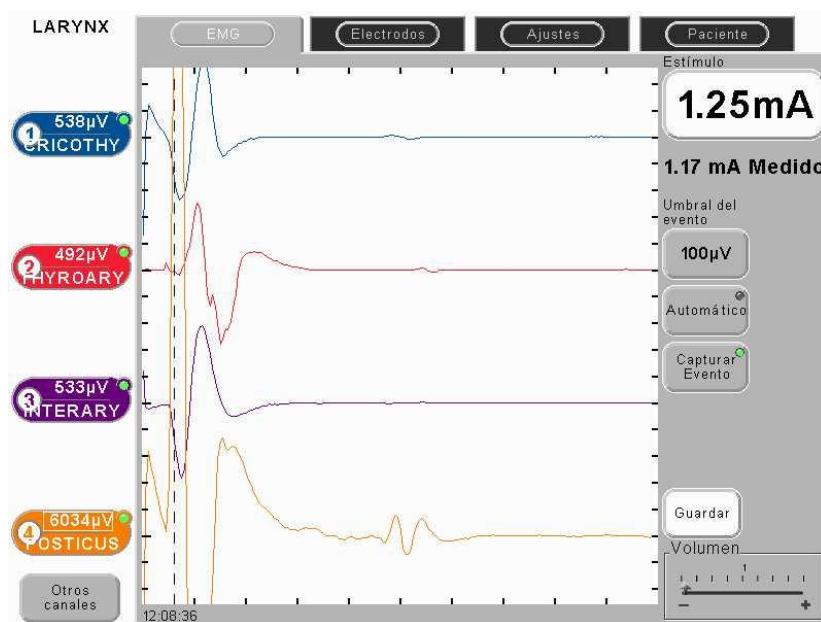
CASO 6:

Paciente varón de 70 años diagnosticado de carcinoma epidermoide gloto-subglótico que afecta a la hemilaringe derecha (Estadio III) tratado previamente con RT sin éxito, pero sin efectos adversos en la estructura laríngea, acepta el tratamiento quirúrgico de rescate y es incluido en el estudio.

Fase 1: Procedimiento Electromiográfico:

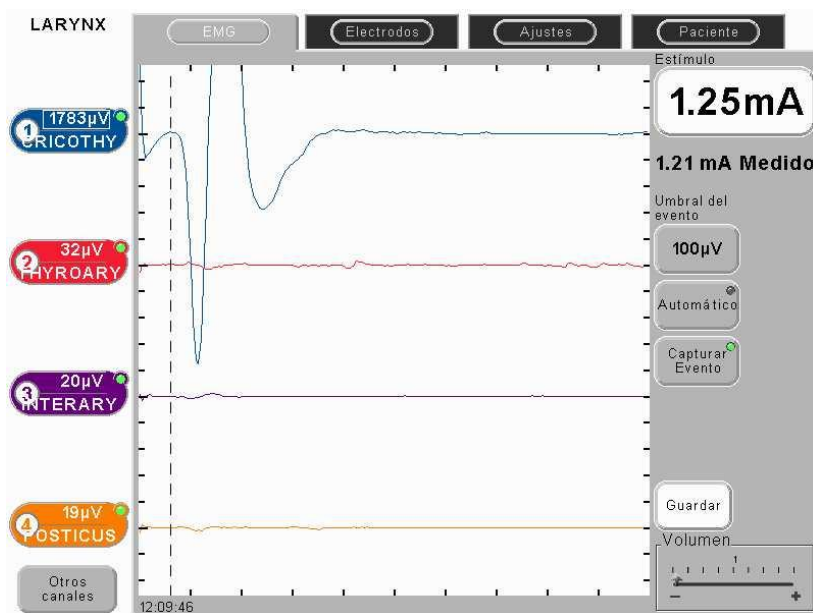
En este caso se realizó una monitorización de la musculatura laríngea del lado izquierdo así como una estimulación de la innervación izquierda, con los siguientes resultados:

Tras el estímulo del **nervio laríngeo recurrente**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Cricotiroideo (CT), Tiroaritenideo (TA), Aritenideo (A) y Cricoaritenideo Posterior (CAP).



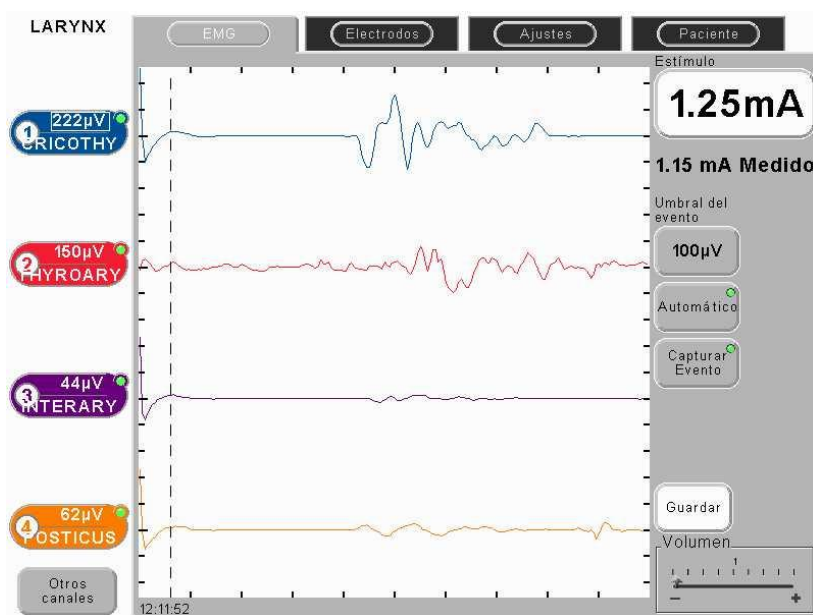
Resultados electromiográficos tras la estimulación NLR Caso 6

Tras el estímulo del **nervio laríngeo externo**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en el músculo Cricotiroideo (CT).



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLE Caso 6.

Tras el estímulo del **nervio laríngeo Interno**, se obtuvo una respuesta sin cumplir todos los criterios (latencia tardía) en el musculo Cricotiroideo, Tiroaritenideo, y Cricoaritenideo Posterior.



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLI Caso 6.

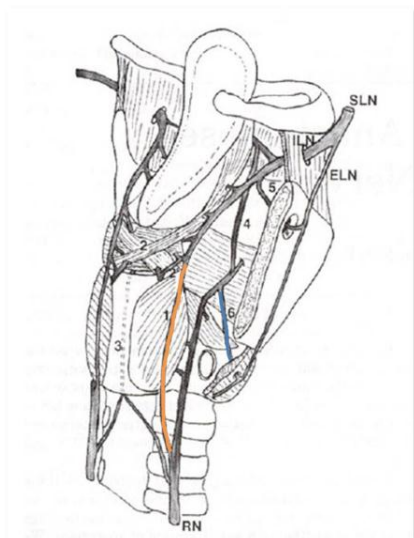
RESULTADOS LEMG CASO 6

	CT	TA	A	CAP
NLR	538 μ V	492 μ V	533 μ V	6034 μ V
NLE	1783 μ V	32 μ V	20 μ V	19 μ V
NLI	222 μ V	150 μ V	44 μ V	62 μ V

Respuesta electromiográficas: En **verde** respuestas validadas según los criterios electromiográficos establecidos y son respuestas esperadas. En **Naranja** respuestas electromiográficas validadas pero no esperadas teniendo en cuenta la innervación laríngea "clásica". En **Rojo** respuestas electromiográficas no validadas por incumplir los criterios electromiográficos (Respuestas tardías / latencias mayores a 2 ms).

Fase 2: Procedimiento Anatómico de microdissección:

En este caso se realizó una disección de la innervación laríngea del lado izquierdo identificándose las siguientes conexiones: Cricotiroidea, Ramo comunicante de Galeno.



CONEXIONES			
CT	FT	RCG	OTR. C
Si	No	Si	No

Conexiones: **Cricotiroidea** (CT),
Foramen Tiroideo (FT), **Ramo**
Comunicante de Galeno (RCG),
Otras (OTR.C)

Conexiones Caso 6 Esquema tomado y modificado de Sañudo y cols., 1999

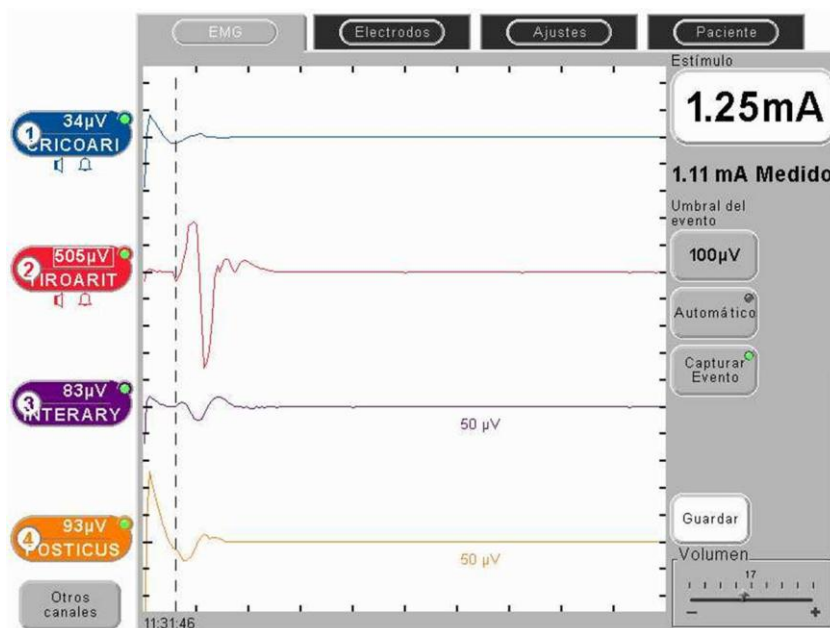
CASO 7:

Paciente varón de 72 años sin antecedentes previos diagnosticado de carcinoma epidermoide gloto-subglotico que afecta a la hemilaringe Izquierda (Estadio III), tras la exposición de las opciones terapéuticas acepta la intervención quirúrgica y es incluido en el estudio.

Fase 1: Procedimiento Electromiográfico:

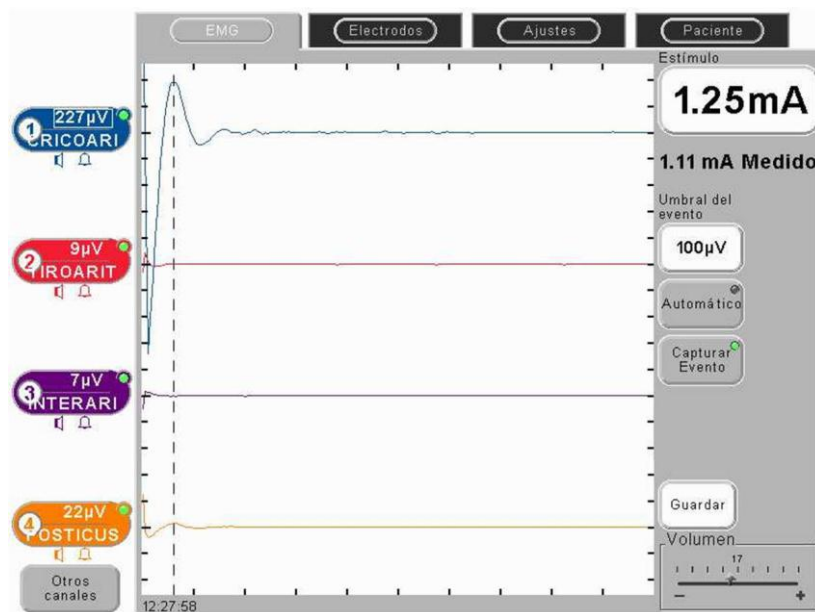
En este caso se realizó una monitorización de la musculatura laríngea del lado derecho así como una estimulación de la innervación derecha, con los siguientes resultados:

Tras el estímulo del **nervio laríngeo recurrente**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Tiroaritenario (TA), Aritenario (A) y Cricoaritenario Posterior (CAP).



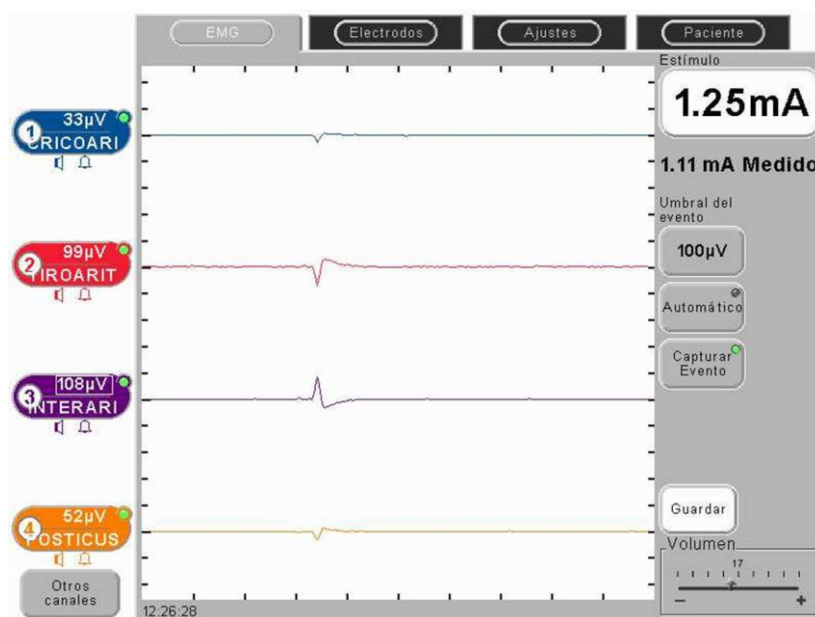
Resultados electromiográficos tras la estimulación NLR Caso 7

Tras el estímulo del **nervio laríngeo externo**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en el músculo Cricotiroides (CT).



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLE Caso 7.

Tras el estímulo del **nervio laríngeo Interno**, se obtuvo una respuesta sin cumplir todos los criterios (latencia tardía) en el músculo Tiroaritenoides, Aritenoides y Cricoaritenoides posterior.



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLI Caso 7.

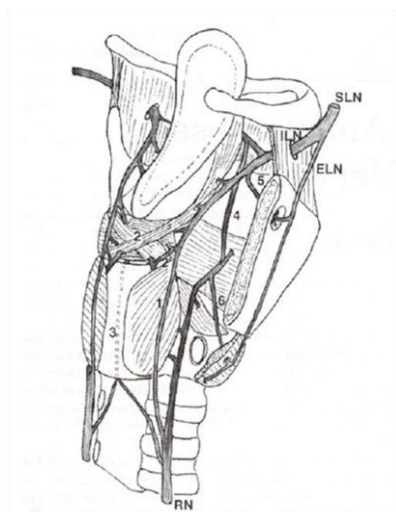
RESULTADOS LEMG CASO 7

	CT	TA	A	CAP
NLR	34 μ V	505 μ V	83 μ V	93 μ V
NLE	227 μ V	9 μ V	7 μ V	22 μ V
NLI	33 μ V	99 μ V	108 μ V	52 μ V

Respuesta electromiográficas: En **verde** respuestas validadas según los criterios electromiográficos establecidos y son respuestas esperadas. En **Naranja** respuestas electromiográficas validadas pero no esperadas teniendo en cuenta la innervación laríngea "clásica". En **Rojo** respuestas electromiográficas no validadas por incumplir los criterios electromiográficos (Respuestas tardías / latencias mayores a 2 ms).

Fase 2: Procedimiento Anatómico de microdissección:

En este caso se realizó una disección de la innervación laríngea del lado derecho sin poder identificar ninguna conexión. El Ramo comunicante de Galeno no pudo ser buscado debido a la conservación de mucosa retrocricoidea.



CONEXIONES			
CT	FT	RCG	OTR. C
No	No	?	No

Conexiones: **Cricotiroidea** (CT),
Foramen Tiroideo (FT), **Ramo**
Comunicante de Galeno (RCG),
Otras (OTR.C)

Conexiones Caso 7 Esquema tomado y modificado de Sañudo y cols., 1999

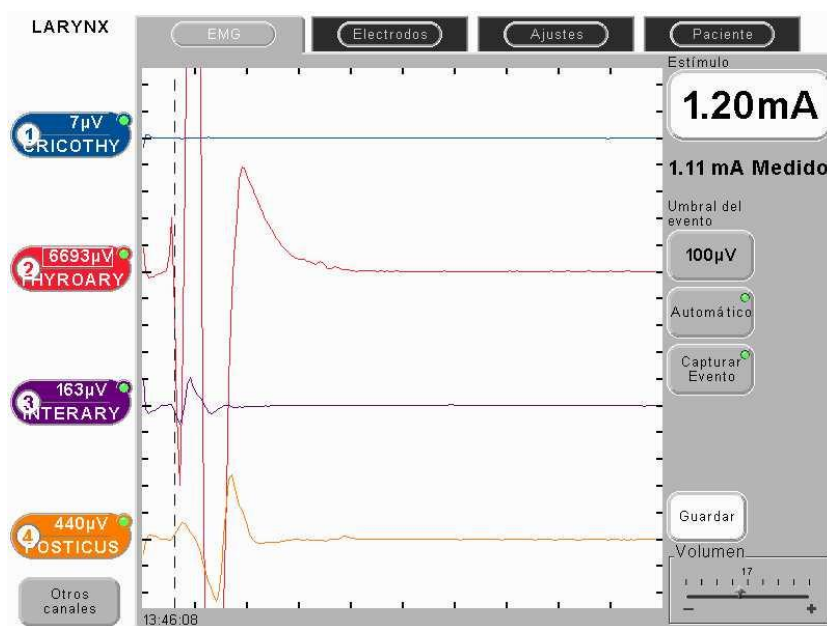
CASO 8:

Paciente varón de 71 años sin antecedentes previos, diagnosticado de carcinoma epidermoide gloto-subglótico que afecta a la hemilaringe Izquierda (Estadio III), tras la exposición de las opciones terapéuticas acepta la intervención quirúrgica y es incluido en el estudio.

Fase 1: Procedimiento Electromiográfico:

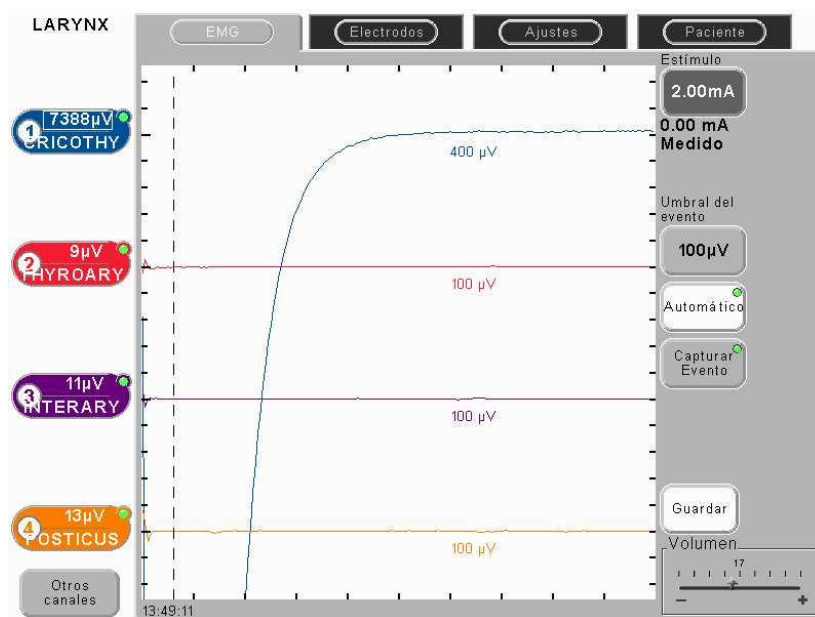
En este caso se realizó una monitorización de la musculatura laríngea del lado derecho así como una estimulación de la innervación derecha, con los siguientes resultados:

Tras el estímulo del **nervio laríngeo recurrente**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Tiroaritenideo (TA), Aritenoideo (A) y Cricoaritenideo Posterior (CAP).



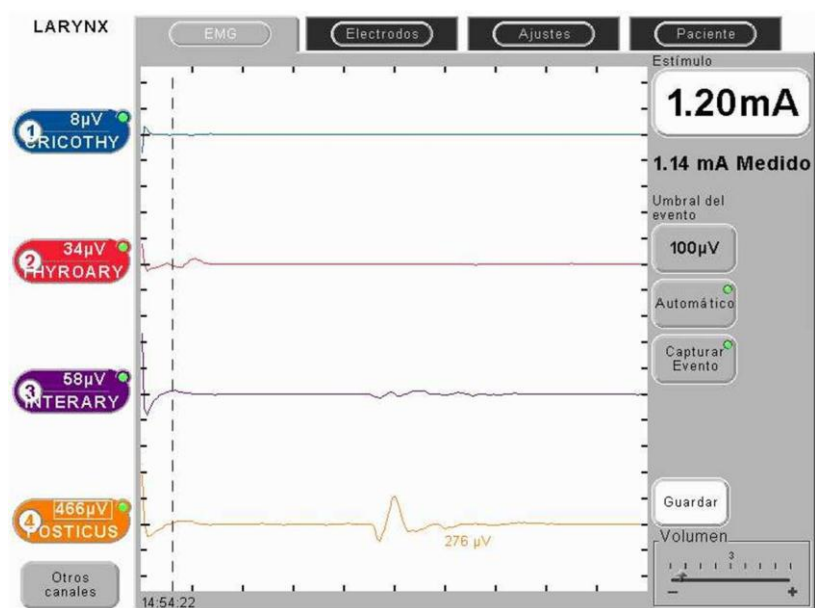
Resultados electromiográficos tras la estimulación NLR Caso 8

Tras el estímulo del **nervio laríngeo externo**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en el músculo Cricotiroides (CT).



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLE Caso 8.

Tras el estímulo del **nervio laríngeo Interno**, se obtuvo una respuesta que no cumple todos los criterios de validez del estudio (latencia tardía) en el músculo Aritenoideo y Cricoaritenideo posterior.



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLI Caso 8.

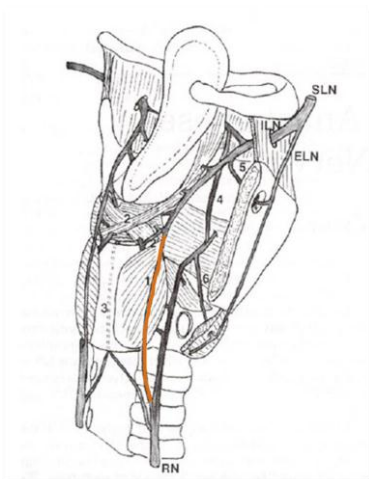
RESULTADOS LEMG CASO 8

	CT	TA	A	CAP
NLR	7 μ V	6693 μ V	163 μ V	440 μ V
NLE	7388 μ V	9 μ V	11 μ V	13 μ V
NLI	8 μ V	34 μ V	58 μ V	466 μ V

Respuesta electromiográficas: En **verde** respuestas validadas según los criterios electromiográficos establecidos y son respuestas esperadas. En **Naranja** respuestas electromiográficas validadas pero no esperadas teniendo en cuenta la innervación laríngea "clásica". En **Rojo** respuestas electromiográficas no validadas por incumplir los criterios electromiográficos (Respuestas tardías / latencias mayores a 2 ms).

Fase 2: Procedimiento Anatómico de microdissección:

En este caso se realizó una disección de la innervación laríngea del lado derecho identificándose las siguientes conexiones nerviosas: Ramo comunicante de Galeno



CONEXIONES			
CT	FT	RCG	OTR. C
No	No	Si	No

Conexiones: **Cricotiroides** (CT),
Foramen Tiroideo (FT), **Ramo**
Comunicante de Galeno (RCG),
Otras (OTR.C)

Conexiones Caso 8 Esquema tomado y modificado de Sañudo y cols., 1999

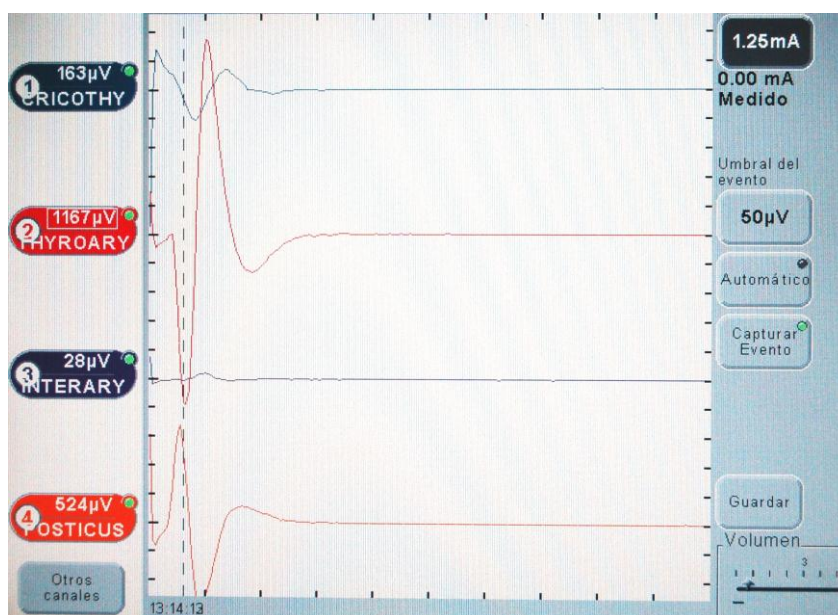
CASO 9:

Paciente varón de 59 años con carcinoma epidermoide supraglotico tratado con cirugía laser trasoral, presenta recidiva en hemilaringe izquierda (Estadio III) , tras la exposición de las opciones terapéuticas acepta la intervención quirúrgica y es incluido en el estudio.

Fase 1: Procedimiento Electromiográfico:

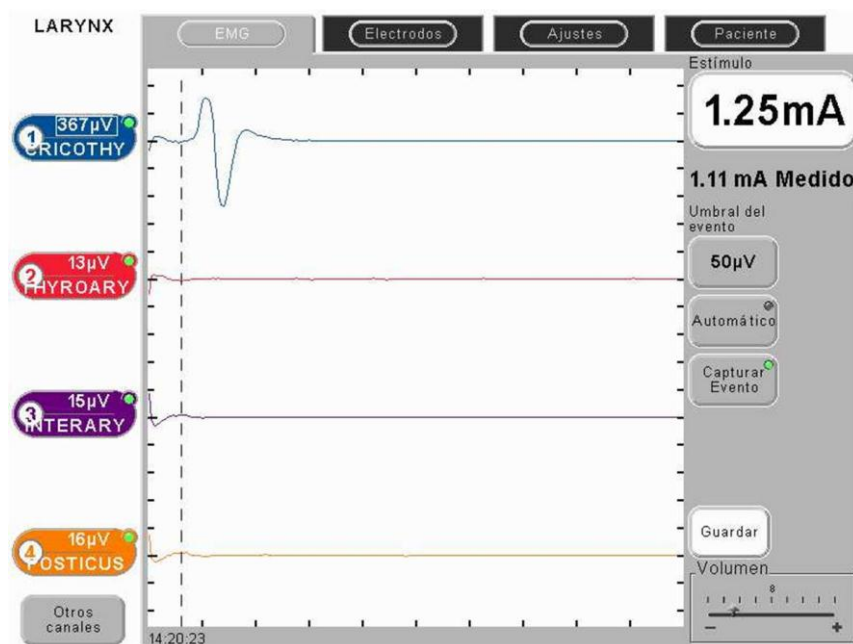
En este caso se realizó una monitorización de la musculatura laríngea del lado derecho así como una estimulación de la innervación derecha, con los siguientes resultados:

Tras el estímulo del **nervio laríngeo recurrente**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Cricotiroideo (CT), Tiroaritenideo (TA), Aritenoideo (A) y Cricoaritenideo Posterior (CAP).



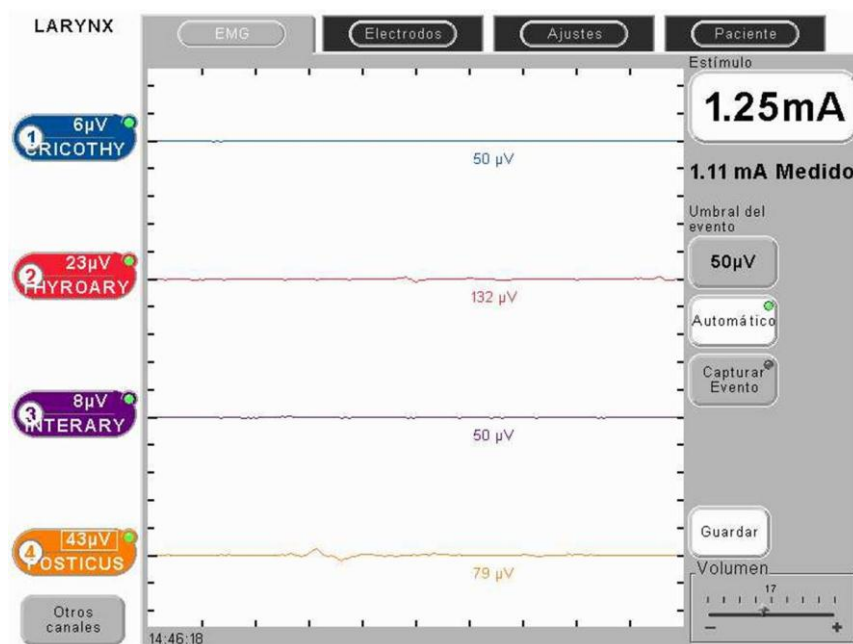
Resultados electromiográficos tras la estimulación NLR Caso 9

Tras el estímulo del **nervio laríngeo externo**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en el músculo Cricotiroides (CT).



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLE Caso 9.

Tras el estímulo del **nervio laríngeo Interno**, no se obtuvo respuestas electromiográficas significativas.



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLI Caso 9.

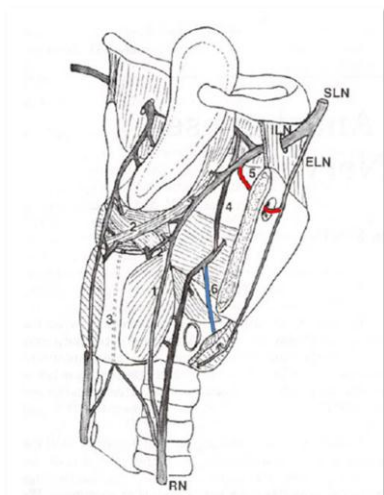
RESULTADOS LEMG CASO 9

	CT	TA	A	CAP
NLR	163µV	1167 µV	28 µV	524 µV
NLE	367 µV	13 µV	15 µV	16 µV
NLI	6 µV	23 µV	8 µV	43 µV

Respuesta electromiográficas: En **verde** respuestas validadas según los criterios electromiográficos establecidos y son respuestas esperadas. En **Naranja** respuestas electromiográficas validadas pero no esperadas teniendo en cuenta la innervación laríngea “clásica”. En **Rojo** respuestas electromiográficas no validadas por incumplir los criterios electromiográficos (Respuestas tardías / latencias mayores a 2 ms).

Fase 2: Procedimiento Anatómico de microdissección:

En este caso se realizó una disección de la innervación laríngea del lado izquierdo identificándose las siguientes conexiones: Cricotiroidea, foramen tiroideo. El Ramo comunicante de Galeno no pudo ser buscado debido a la conservación de mucosa retrocricotiroidea.



CONEXIONES			
CT	FT	RCG	OTR. C
Si	Si	?	No

Conexiones: **Cricotiroidea** (CT),
Foramen Tiroideo (FT), **Ramo**
Comunicante de Galeno (RCG),
Otras (OTR.C)

Conexiones Caso 9 Esquema tomado y modificado de Sañudo y cols., 1999

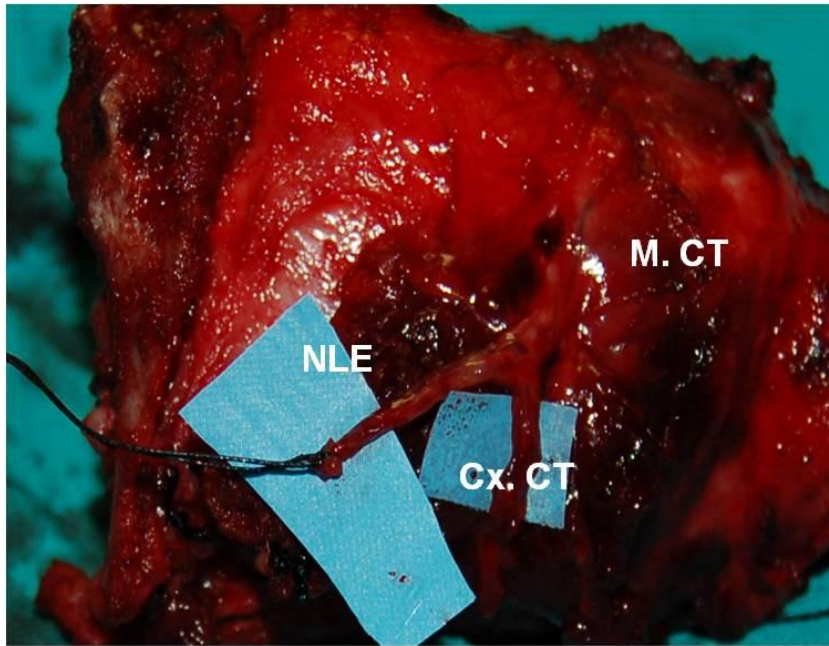


Imagen de disección conexión Cricotiroides. NLE: Nervio laríngeo externo; Cx. CT conexión cricotiroidea; M. CT Músculo Cricotiroides.

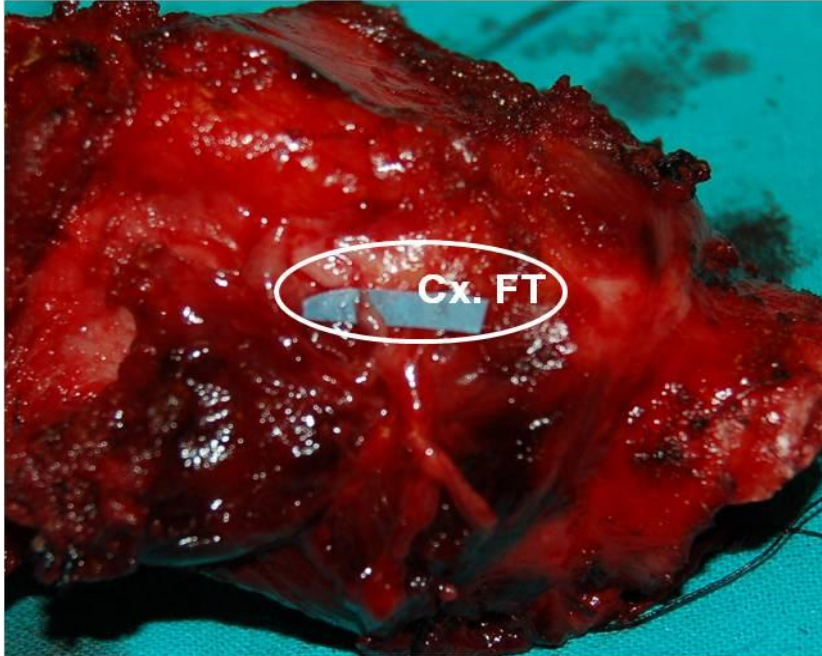


Imagen de disección conexión Foramen Tiroideo. Cx. FT conexión Foramen tiroideo entrando por hendidura, foramen tiroideo.

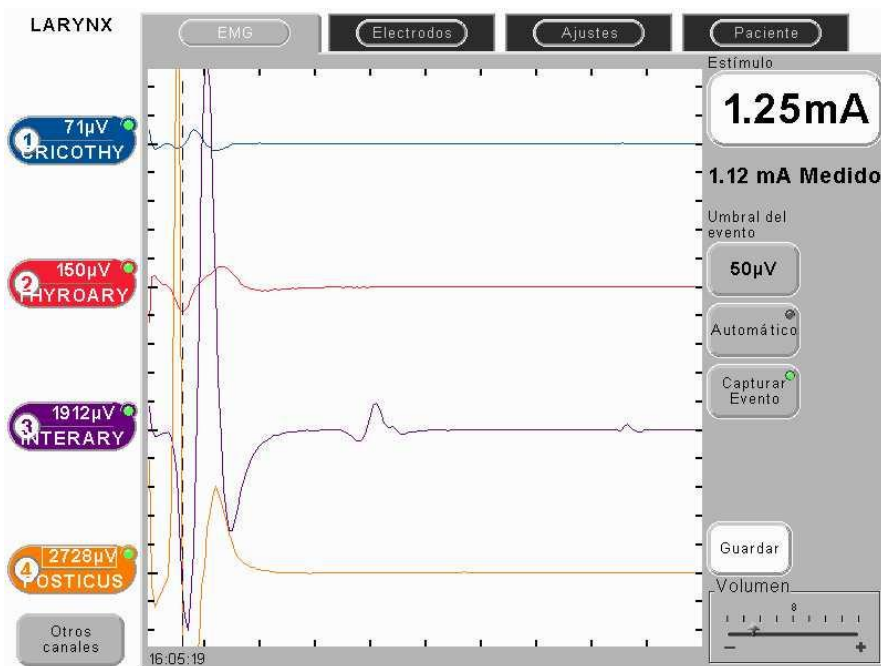
CASO 10:

Paciente varón de 57 años sin antecedentes previos, diagnosticado de carcinoma epidermoide gloto-subglótico que afecta a la hemilaringe derecha (Estadio III), tras la exposición de las opciones terapéuticas acepta la intervención quirúrgica y es incluido en el estudio.

Fase 1: Procedimiento Electromiográfico:

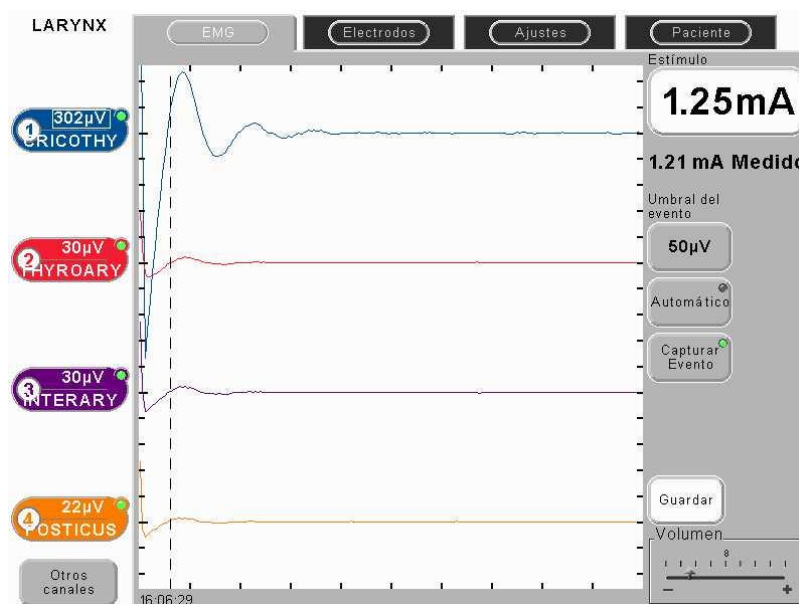
En este caso se realizó una monitorización de la musculatura laríngea del lado izquierdo así como una estimulación de la innervación izquierda, con los siguientes resultados:

Tras el estímulo del **nervio laríngeo recurrente**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Cricotiroideo (CT), Tiroaritenideo (TA), Aritenideo (A) y Cricoaritenideo Posterior (CAP).



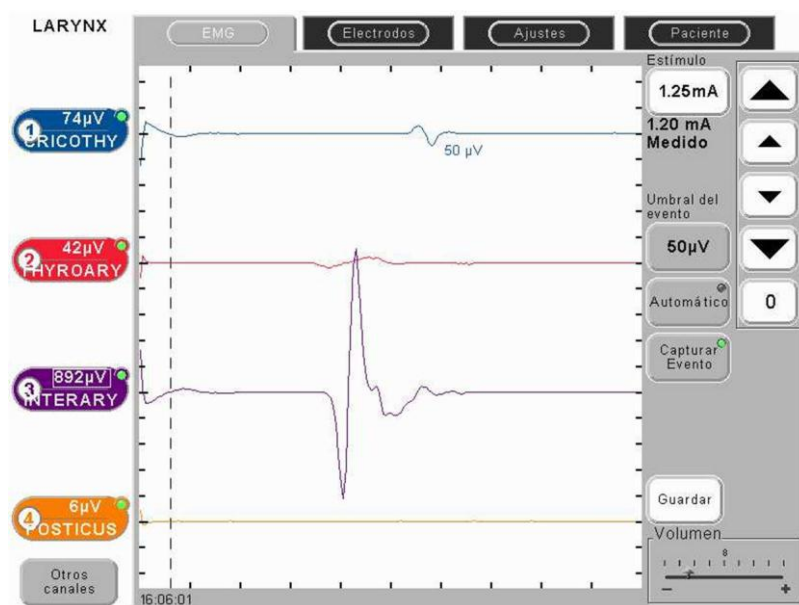
Resultados electromiográficos tras la estimulación NLR Caso 10

Tras el estímulo del **nervio laríngeo externo**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en el músculo Cricotiroideo (CT).



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLE Caso 10.

Tras el estímulo del **nervio laríngeo Interno**, se obtuvo una respuesta sin cumplir todos los criterios (latencia tardía) en el músculo Cricotiroideo y Aritenoideo.



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLI Caso 10.

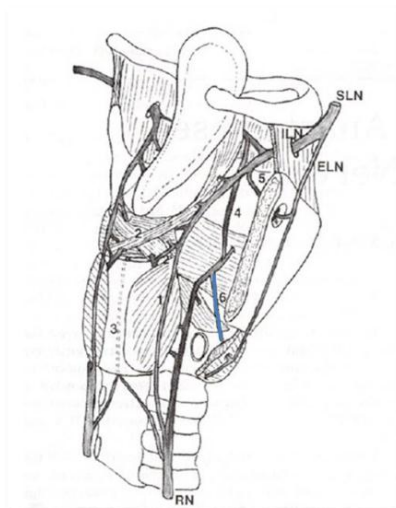
RESULTADOS LEMG CASO 10

	CT	TA	A	CAP
NLR	71 μ V	150 μ V	1912 μ V	2728 μ V
NLE	302 μ V	30 μ V	30 μ V	22 μ V
NLI	74 μ V	42 μ V	892 μ V	6 μ V

Respuesta electromiográficas: En **verde** respuestas validadas según los criterios electromiográficos establecidos y son respuestas esperadas. En **Naranja** respuestas electromiográficas validadas pero no esperadas teniendo en cuenta la innervación laríngea "clásica". En **Rojo** respuestas electromiográficas no validadas por incumplir los criterios electromiográficos (Respuestas tardías / latencias mayores a 2 ms).

Fase 2: Procedimiento Anatómico de microdissección:

En este caso se realizó una disección de la innervación laríngea del lado izquierdo identificándose una conexión cricotiroidea. El Ramo comunicante de Galeno no pudo ser buscado debido a la conservación de mucosa retrocricotiroidea.



CONEXIONES			
CT	FT	RCG	OTR. C
Si	No	?	No

Conexiones: **Cricotiroidea** (CT),
Foramen Tiroideo (FT), **Ramo**
Comunicante de Galeno (RCG),
Otras (OTR.C)

Conexiones Caso 10 Esquema tomado y modificado de Sañudo y cols., 1999

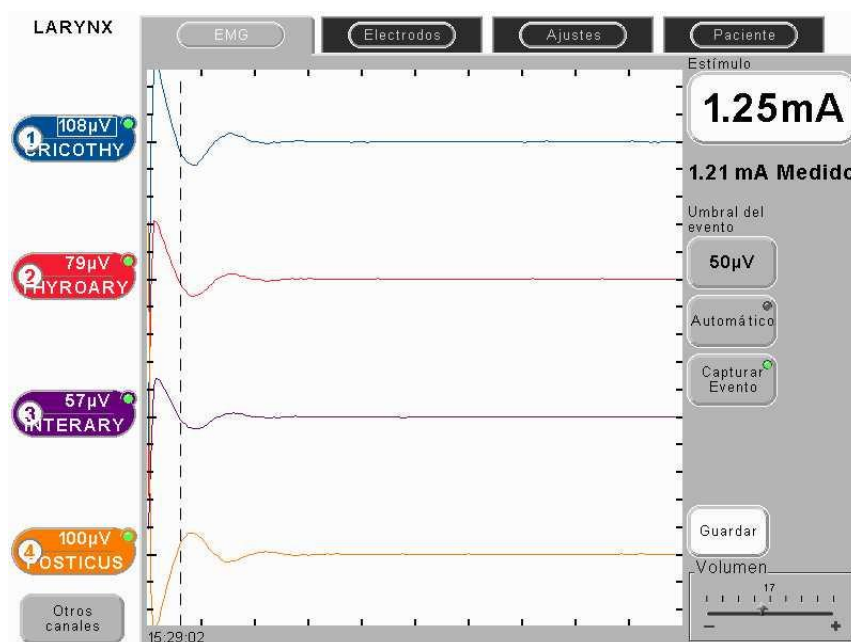
CASO 11:

Paciente varón de 56 años sin cirugías previas con carcinoma epidermoide gloto-subglótico que afecta a la hemilaringe izquierda (Estadio IV) tras la exposición de las opciones terapéuticas acepta la intervención quirúrgica y es incluido en el estudio.

Fase 1: Procedimiento Electromiográfico:

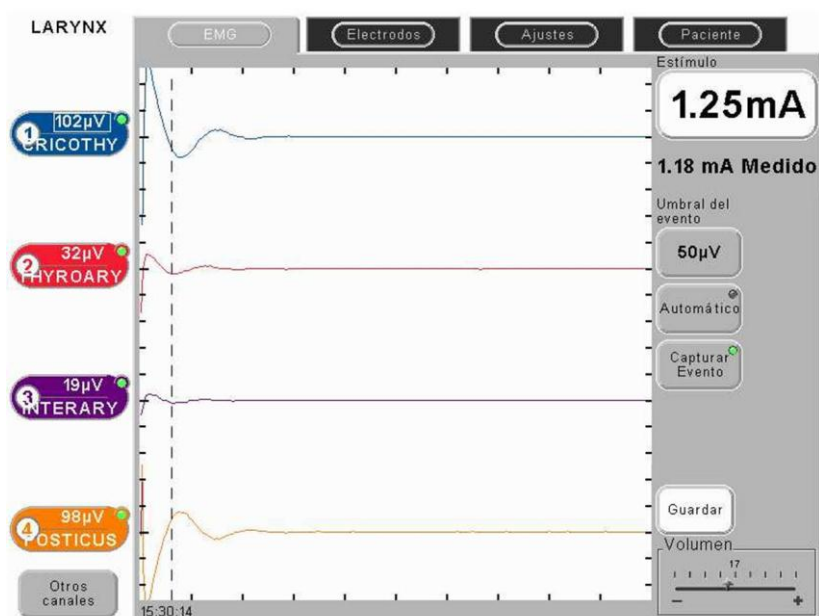
En este caso se realizó una monitorización de la musculatura laríngea del lado derecha así como una estimulación de la innervación derecha, con los siguientes resultados:

Tras el estímulo del **nervio laríngeo recurrente**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Cricotiroideo (CT), Tiroaritenideo (TA), Aritenoideo (A) y Cricoaritenideo Posterior (CAP).



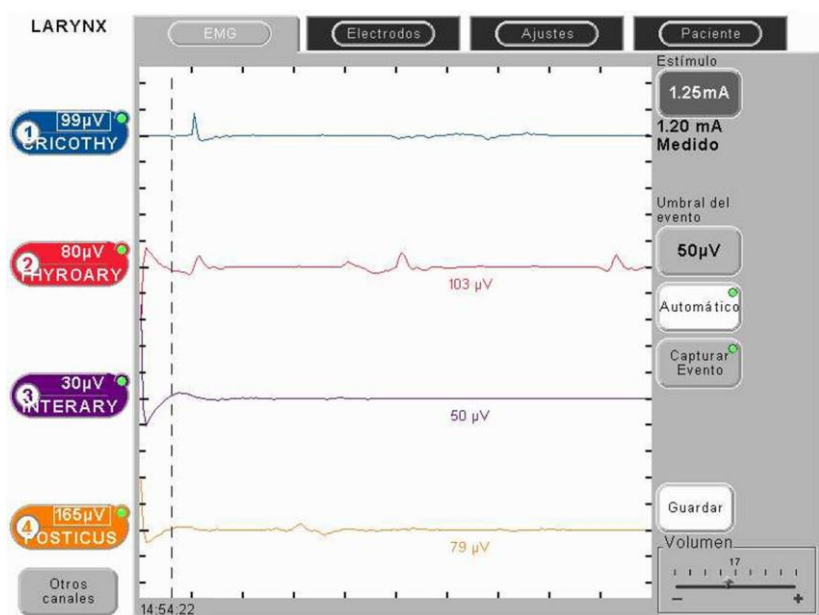
Resultados electromiográficos tras la estimulación NLR Caso 11

Tras el estímulo del **nervio laríngeo externo**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en el músculo Cricotiroideo (CT) Y Cricoaritenideo posterior (CAP).



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLE Caso 11.

Tras el estímulo del **nervio laríngeo Interno**, se obtuvo una respuesta sin cumplir todos los criterios (latencia tardía) en el musculo Cricotiroideo, Tiroaritenideo, y Cricoaritenideo Posterior.



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLI Caso 11.

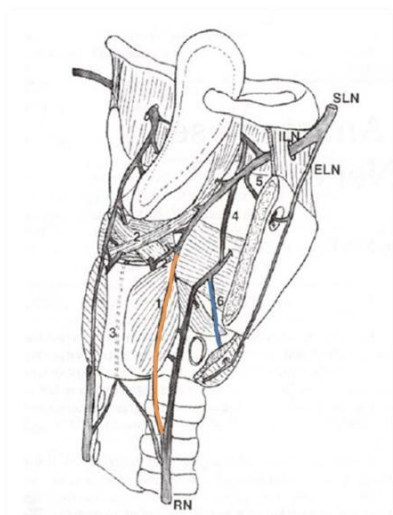
RESULTADOS LEMG CASO 11

	CT	TA	A	CAP
NLR	108 μ V	79 μ V	57 μ V	100 μ V
NLE	102 μ V	32 μ V	19 μ V	98 μ V
NLI	99 μ V	80 μ V	30 μ V	165 μ V

Respuesta electromiográficas: En **verde** respuestas validadas según los criterios electromiográficos establecidos y son respuestas esperadas. En **Naranja** respuestas electromiográficas validadas pero no esperadas teniendo en cuenta la innervación laríngea "clásica". En **Rojo** respuestas electromiográficas no validadas por incumplir los criterios electromiográficos (Respuestas tardías / latencias mayores a 2 ms).

Fase 2: Procedimiento Anatómico de microdissección:

En este caso se realizó una disección de la innervación laríngea del lado izquierdo identificándose las siguientes conexiones: Cricotiroidea, Ramo comunicante de Galeno.



CONEXIONES			
CT	FT	RCG	OTR. C
Si	No	Si	No

Conexiones: **Cricotiroidea** (CT),
Foramen Tiroideo (FT), **Ramo**
Comunicante de Galeno (RCG),
Otras (OTR.C)

Conexiones Caso 11 Esquema tomado y modificado de Sañudo y cols., 1999

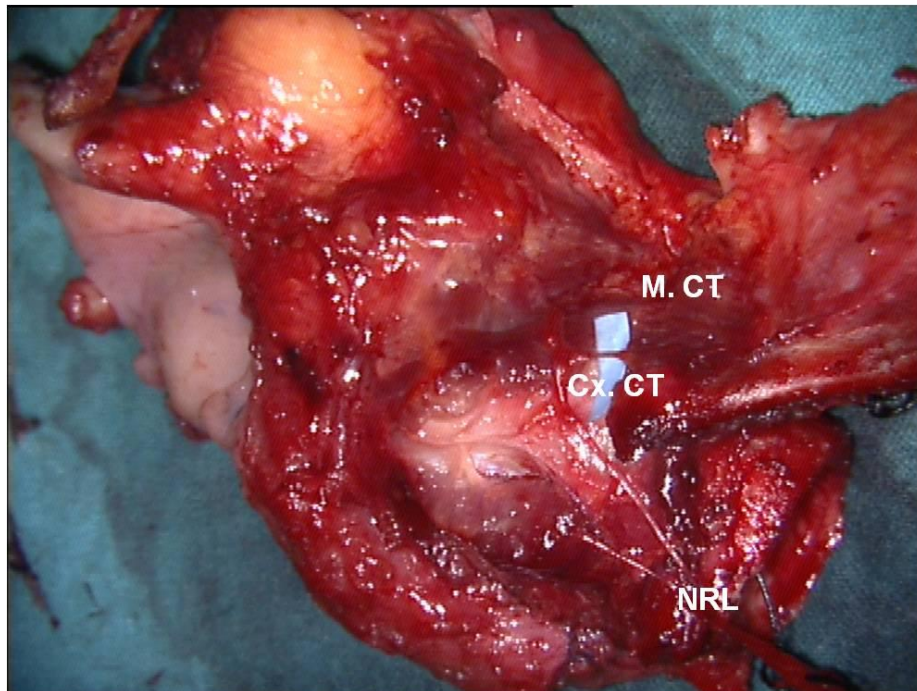


Imagen de disección conexión Cricotiroides. NRL: Nervio laríngeo recurrente laríngeo; Cx. CT conexión cricotiroidea; M. CT Músculo Cricotiideo.



Imagen de disección conexión Ramo comunicante de Galeno

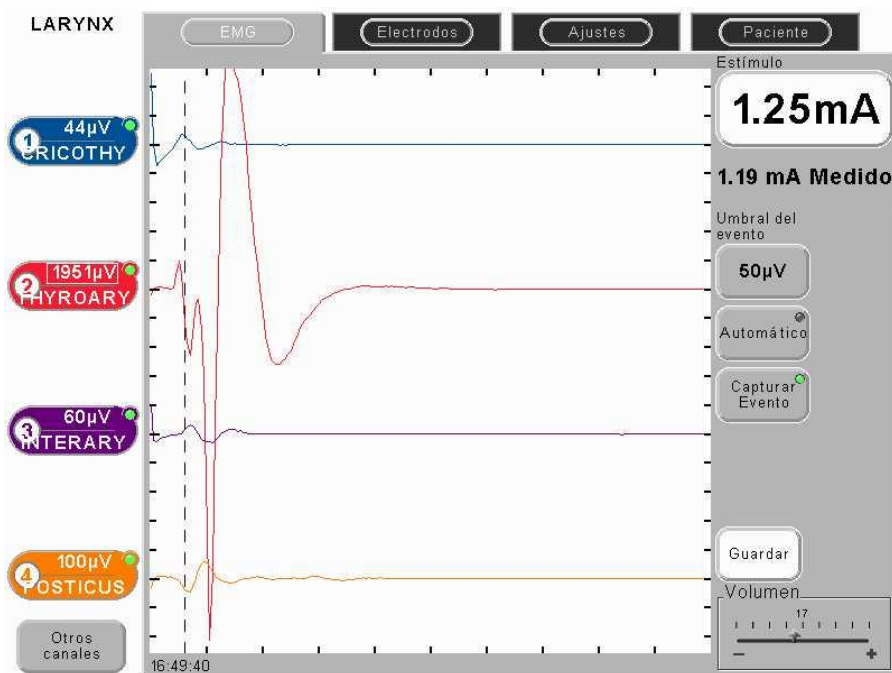
CASO 12:

Paciente varón de 52 años sin antecedentes previos diagnosticado de carcinoma epidermoide gloto-subglotico que afecta a la hemilaringe derecha (Estadio III), tras la exposición de las opciones terapéuticas acepta la intervención quirúrgica y es incluido en el estudio.

Fase 1: Procedimiento Electromiográfico:

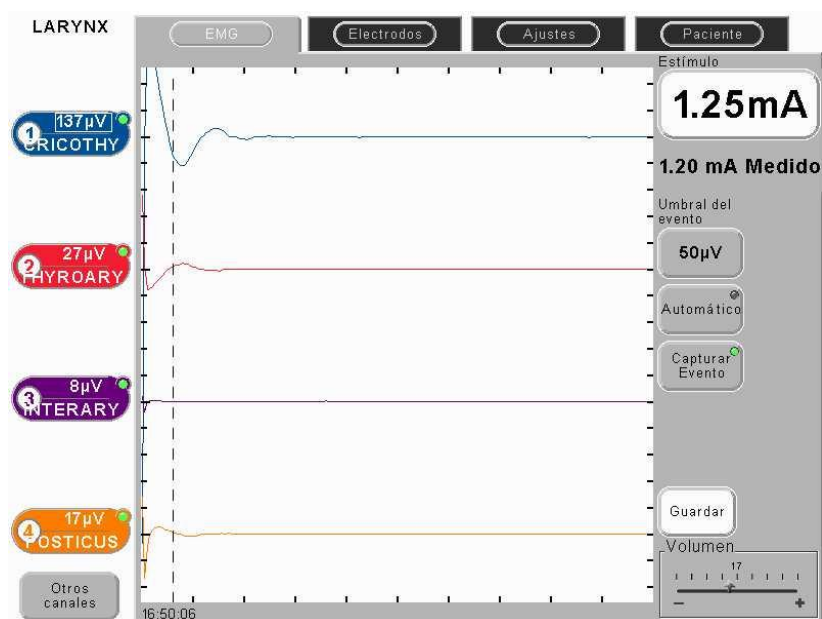
En este caso se realizó una monitorización de la musculatura laríngea del lado izquierdo así como una estimulación de la innervación izquierda, con los siguientes resultados:

Tras el estímulo del **nervio laríngeo recurrente**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Tiroaritenideo (TA), Aritenoideo (A) y Cricoaritenideo Posterior (CAP).



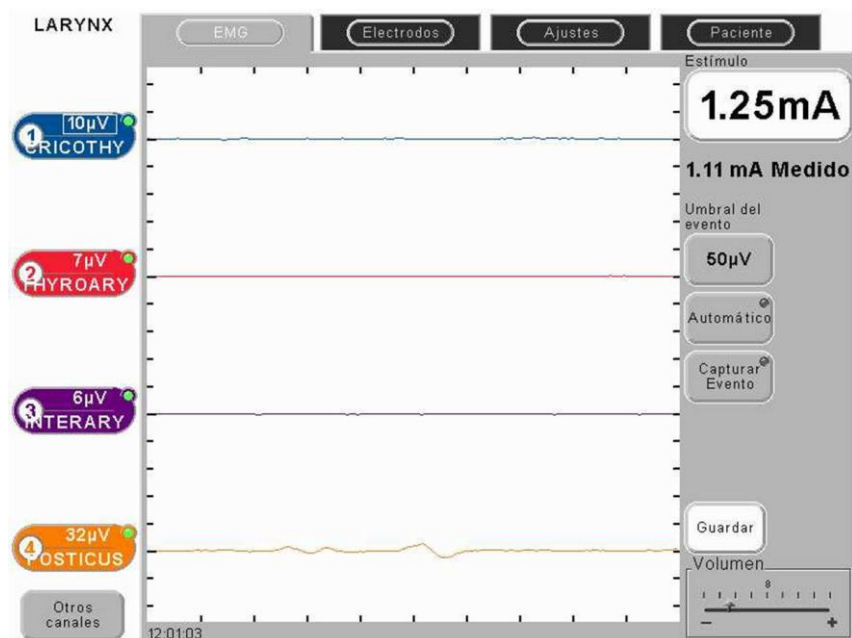
Resultados electromiográficos tras la estimulación NLR Caso 12

Tras el estímulo del **nervio laríngeo externo**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en el músculo Cricotiroides (CT).



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLE Caso 12.

Tras el estímulo del **nervio laríngeo Interno**, no se obtuvo ninguna respuesta electromiográficamente positiva.



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLI Caso 12.

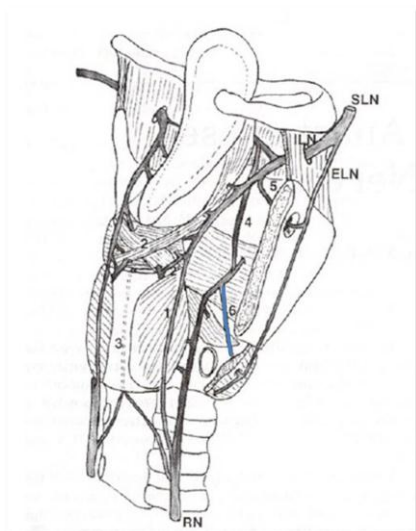
RESULTADOS LEMG CASO 12

	CT	TA	A	CAP
NLR	44 μ V	1951 μ V	60 μ V	100 μ V
NLE	137 μ V	27 μ V	8 μ V	17 μ V
NLI	10 μ V	7 μ V	6 μ V	32 μ V

Respuesta electromiográficas: En **verde** respuestas validadas según los criterios electromiográficos establecidos y son respuestas esperadas. En **Naranja** respuestas electromiográficas validadas pero no esperadas teniendo en cuenta la innervación laríngea "clásica". En **Rojo** respuestas electromiográficas no validadas por incumplir los criterios electromiográficos (Respuestas tardías / latencias mayores a 2 ms).

Fase 2: Procedimiento Anatómico de microdissección:

En este caso se realizó una disección de la innervación laríngea del lado izquierdo identificándose una conexión cricotiroidea. El Ramo comunicante de Galeno no pudo ser buscado debido a la conservación de mucosa retrocricotiroidea.



CONEXIONES			
CT	FT	RCG	OTR. C
Si	No	?	No

Conexiones: **Cricotiroidea** (CT),
Foramen Tiroideo (FT), **Ramo**
Comunicante de Galeno (RCG),
Otras (OTR.C)

Conexiones Caso 12 Esquema tomado y
modificado de Sañudo y cols., 1999

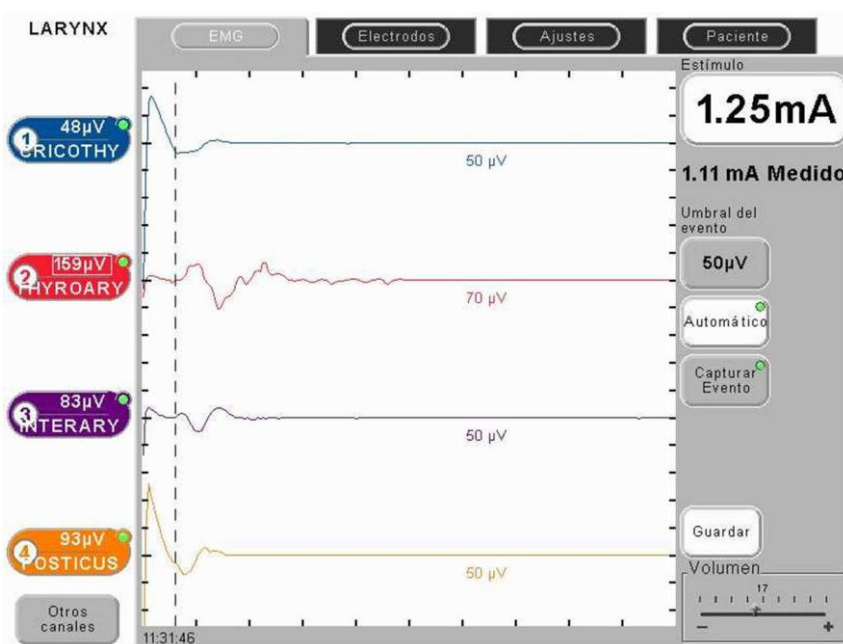
CASO 13:

Paciente varón de 80 años con antecedentes de carcinoma epidermoide supraglotico tratado con cirugía laser trasoral y posteriormente presenta recidiva en hemilaringe izquierda (Estadio III), siendo tratado con Radioterapia sin éxito pero sin efectos adversos en la estructura laríngea, acepta el tratamiento quirúrgico de rescate y es incluido en el estudio.

Fase 1: Procedimiento Electromiográfico:

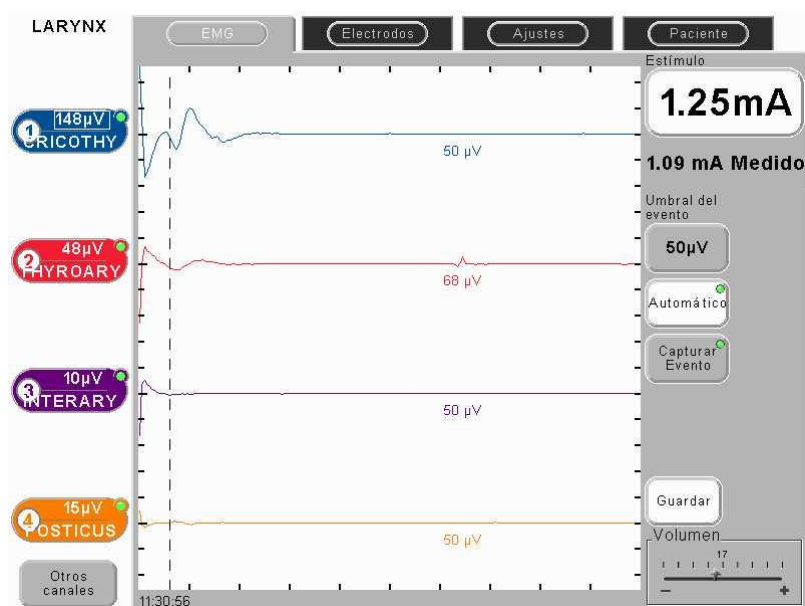
En este caso se realizó una monitorización de la musculatura laríngea del lado derecho así como una estimulación de la innervación derecha, con los siguientes resultados:

Tras el estímulo del **nervio laríngeo recurrente**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Tiroaritenoides (TA), Aritenoides (A) y Cricoaritenoides Posteriores (CAP).



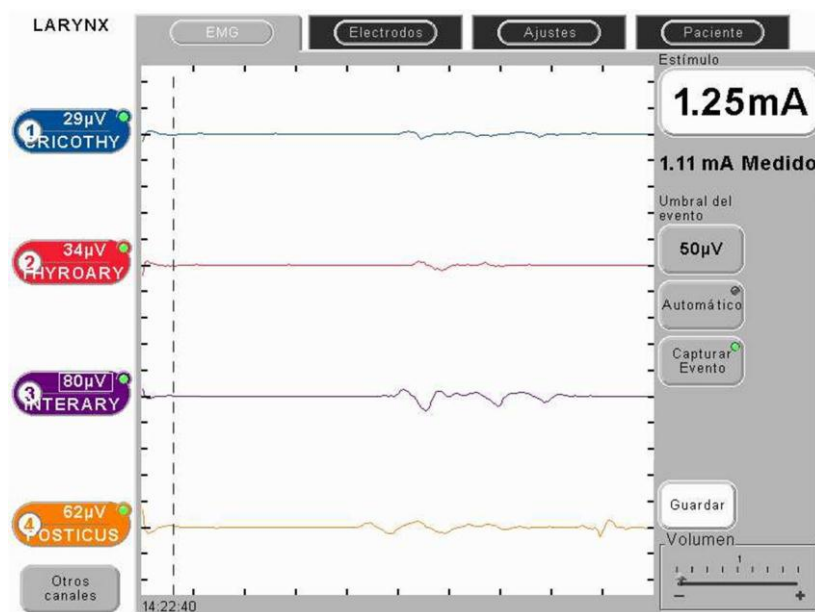
Resultados electromiográficos tras la estimulación NLR Caso 13

Tras el estímulo del **nervio laríngeo externo**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en el músculo Cricotiroides (CT).



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLE Caso 13.

Tras el estímulo del **nervio laríngeo Interno**, se obtuvo una respuesta sin cumplir todos los criterios (latencia tardía) en el músculo Aritenoideo y Cricoaritenideo Posterior.



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLI Caso 13.

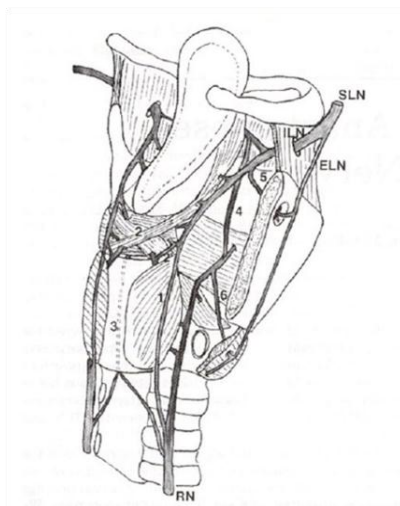
RESULTADOS LEMG CASO 13

	CT	TA	A	CAP
NLR	48 μ V	159 μ V	83 μ V	93 μ V
NLE	148 μ V	48 μ V	10 μ V	15 μ V
NLI	29 μ V	34 μ V	80 μ V	62 μ V

Respuesta electromiográficas: En **verde** respuestas validadas según los criterios electromiográficos establecidos y son respuestas esperadas. En **Naranja** respuestas electromiográficas validadas pero no esperadas teniendo en cuenta la innervación laríngea "clásica". En **Rojo** respuestas electromiográficas no validadas por incumplir los criterios electromiográficos (Respuestas tardías / latencias mayores a 2 ms).

Fase 2: Procedimiento Anatómico de microdissección:

En este caso se realizó una disección de la innervación laríngea del lado derecho sin identificarse ninguna conexión. El Ramo comunicante de Galeno no pudo ser buscado debido a la conservación de mucosa retrocricoidea.



CONEXIONES			
CT	FT	RCG	OTR. C
No	No	?	No

Conexiones: **Cricotiroidea** (CT),
Foramen Tiroideo (FT), **Ramo**
Comunicante de Galeno (RCG),
Otras (OTR.C)

Conexiones Caso 13 Esquema tomado y
modificado de Sañudo y cols., 1999

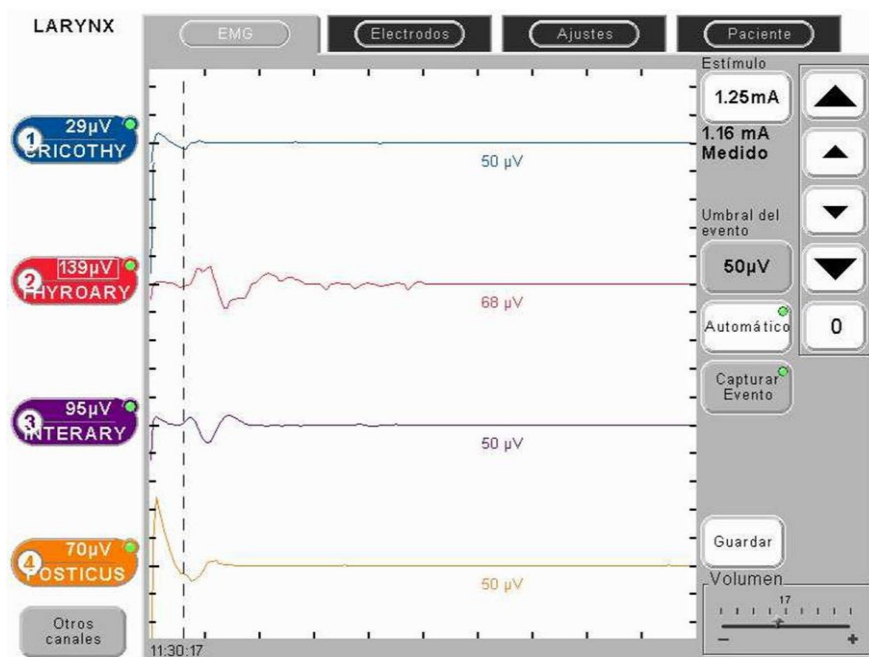
CASO 14:

Paciente varón de 72 años con antecedentes de carcinoma epidermoide supraglotico tratado con radioterapia, presenta recidiva en hemilaringe izquierda (Estadio III) y tras la exposición de las opciones terapéuticas acepta la intervención quirúrgica y es incluido en el estudio.

Fase 1: Procedimiento Electromiográfico:

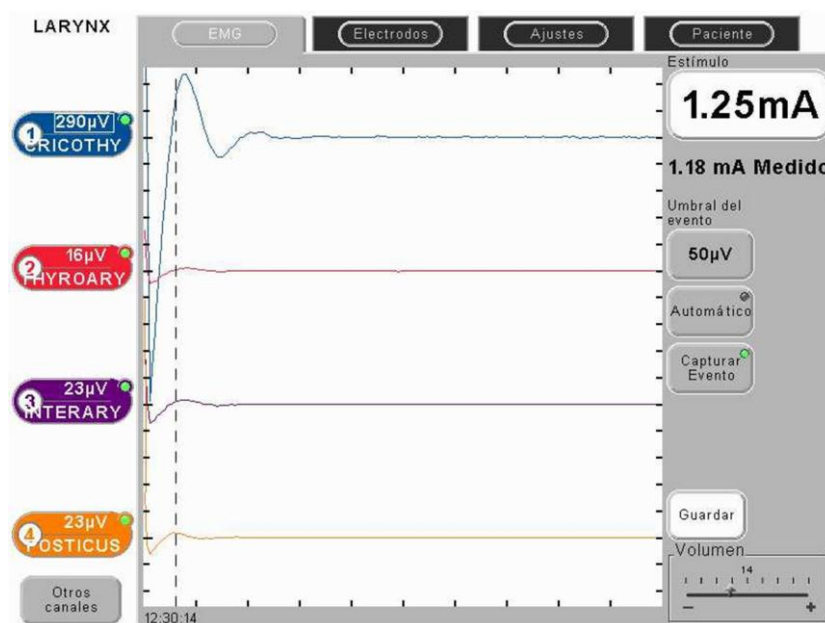
En este caso se realizó una monitorización de la musculatura laríngea del lado derecho así como una estimulación de la innervación derecha, con los siguientes resultados:

Tras el estímulo del **nervio laríngeo recurrente**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en los músculos: Tiroaritenideo (TA), Aritenoideo (A) y Cricoaritenideo Posterior (CAP).



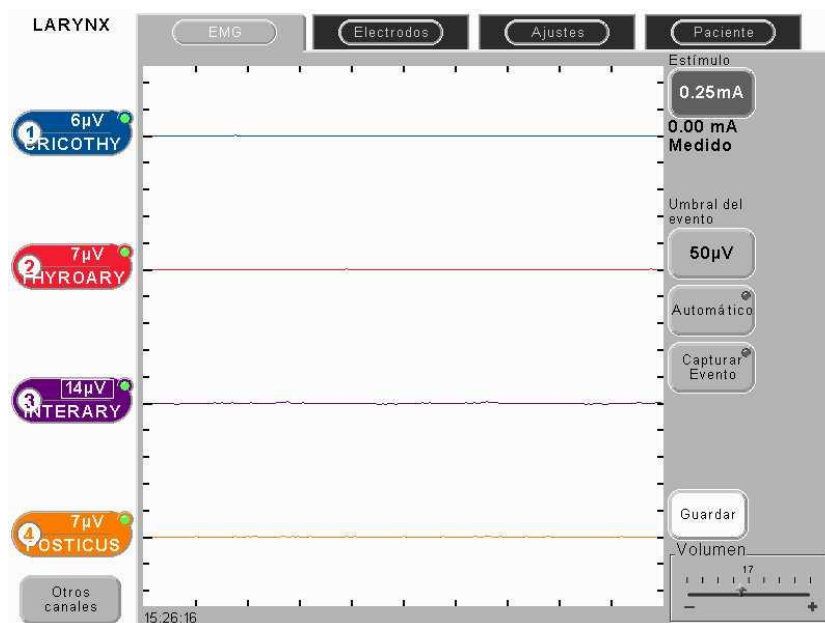
Resultados electromiográficos tras la estimulación NLR Caso 14

Tras el estímulo del **nervio laríngeo externo**, se obtuvo una respuesta electromiográfica positiva en el músculo Cricotiroideo (CT) y una respuesta tardía del Cricoaritenideo posterior.



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLE Caso 14.

Tras el estímulo del **nervio laríngeo Interno**, no se obtuvo una respuesta electromiográfica significativa en ninguno de los músculos monitorizados.



Respuesta electromiográfica tras la estimulación del NLI Caso 14.

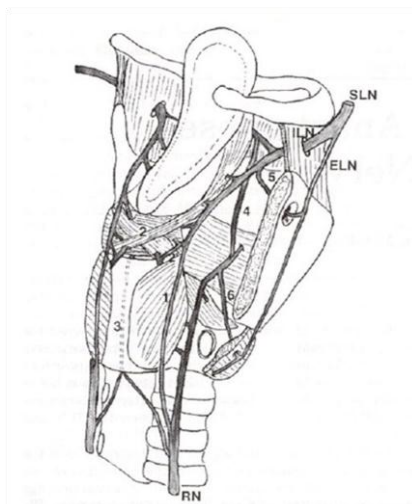
RESULTADOS LEMG CASO 14

	CT	TA	A	CAP
NLR	29 μ V	139 μ V	95 μ V	70 μ V
NLE	290 μ V	16 μ V	23 μ V	23 μ V
NLI	6 μ V	7 μ V	14 μ V	7 μ V

Respuesta electromiográficas: En **verde** respuestas validadas según los criterios electromiográficos establecidos y son respuestas esperadas. En **Naranja** respuestas electromiográficas validadas pero no esperadas teniendo en cuenta la innervación laríngea "clásica". En **Rojo** respuestas electromiográficas no validadas por incumplir los criterios electromiográficos (Respuestas tardías / latencias mayores a 2 ms).

Fase 2: Procedimiento Anatómico de microdissección:

En este caso se ha realizado una disección de la innervación del lado derecho sin identificarse ninguna conexión. El Ramo comunicante de Galeno no pudo ser buscado debido a la conservación de mucosa retrocricoidea.



CONEXIONES			
CT	FT	RCG	OTR. C
No	No	?	No

Conexiones: **C**ricotiroidea (CT),
Foramen Tiroideo (FT), **R**amo
Comunicante de Galeno (RCG),
Otras (OTR.C)

Conexiones Caso 14 Esquema tomado y
 modificado de Sañudo y cols., 1999

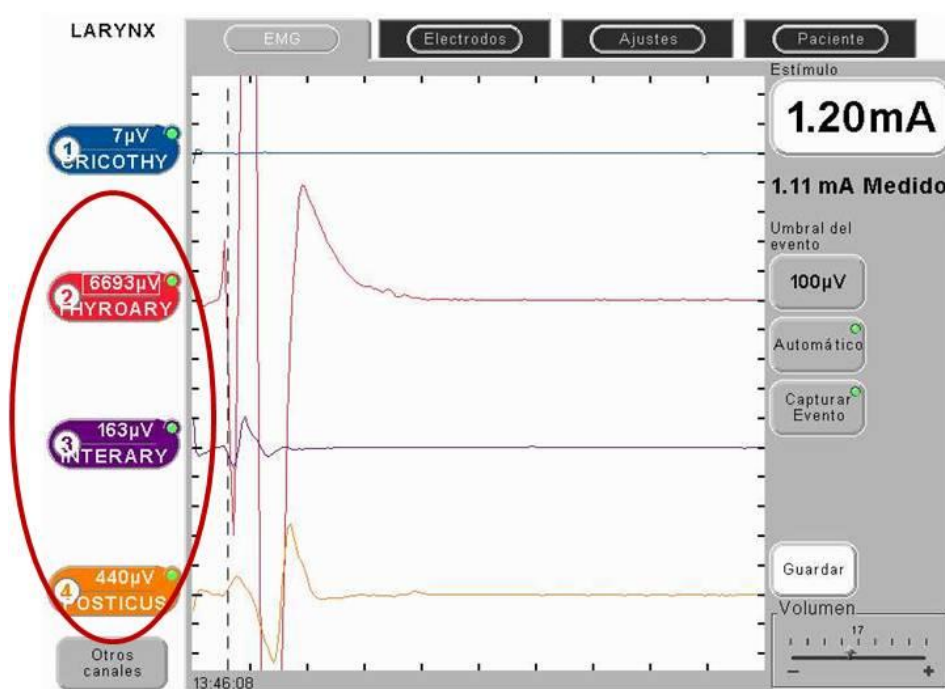
Valoración de los Resultados:

A Procedimiento electromiográfico:

➤ Estimulación nervio laríngeo recurrente laríngeo:

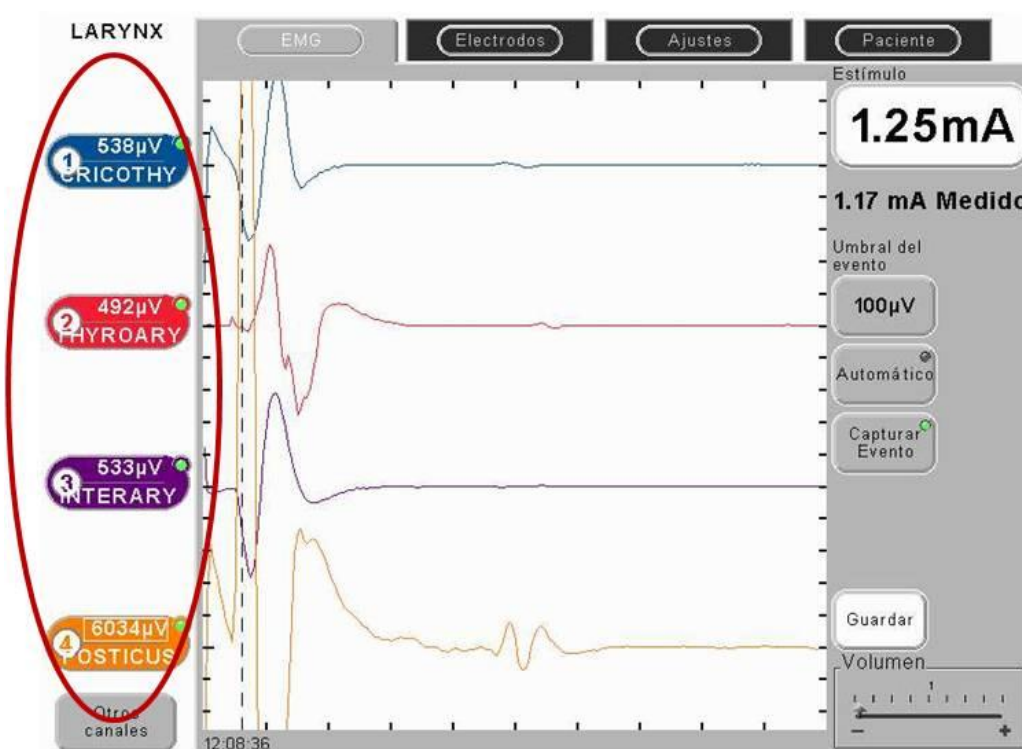
En la estimulación electromiográfica del NLR podemos diferenciar claramente dos patrones:

- **Tipo I**, es el patrón en el que la estimulación del NLR evoca un potencial de respuesta motor en los músculos Tiroaritenideo, Aritenoideo y Cricoaritenideo Posterior, presente en nuestro estudio en 7 Casos (caso1, caso5, caso7, caso8, caso12, caso13, caso14).



Tipo I Patrón electromiográfico **NLR**. Incluye respuesta de los músculos Tiroaritenideo, Aritenoideo y Cricoaritenideo Posterior.

- **Tipo II**, es el patrón de respuesta en el que la estimulación del NLR evoca un potencial de respuesta motor de los músculos Cricotiroideo, Tiroaritenideo, Aritenoideo y Cricoaritenideo, presente en nuestro estudio en 7 casos (caso2, caso3, caso4, caso6, caso9, caso10, caso11, caso12).

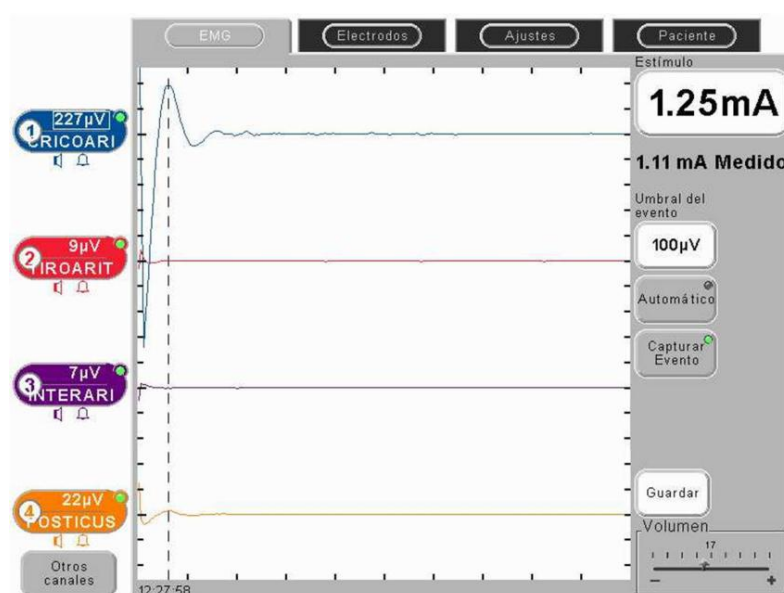


Tipo II Patrón electromiográfico **NLR**. Incluye respuesta de los músculos Cricotiroideo, Tiroaritenideo, Aritenoideo y Cricoaritenideo Posterior.

➤ **Estimulación nervio laríngeo externo:**

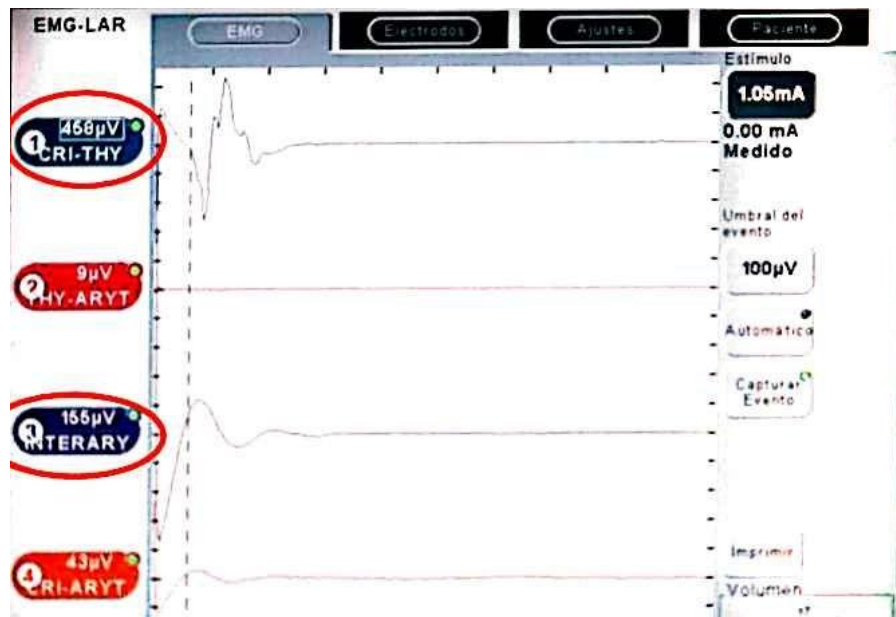
En la estimulación electromiográfica del NLE podemos diferenciar claramente dos patrones:

- **Tipo I**, es el patrón en el que la estimulación del **NLE** evoca un potencial de respuesta motor únicamente en el músculo cricotiroides presente en nuestro estudio en 11 Casos (caso3, caso4, caso5, caso6, caso7, caso8, caso9, caso10, caso12, caso13, caso14).

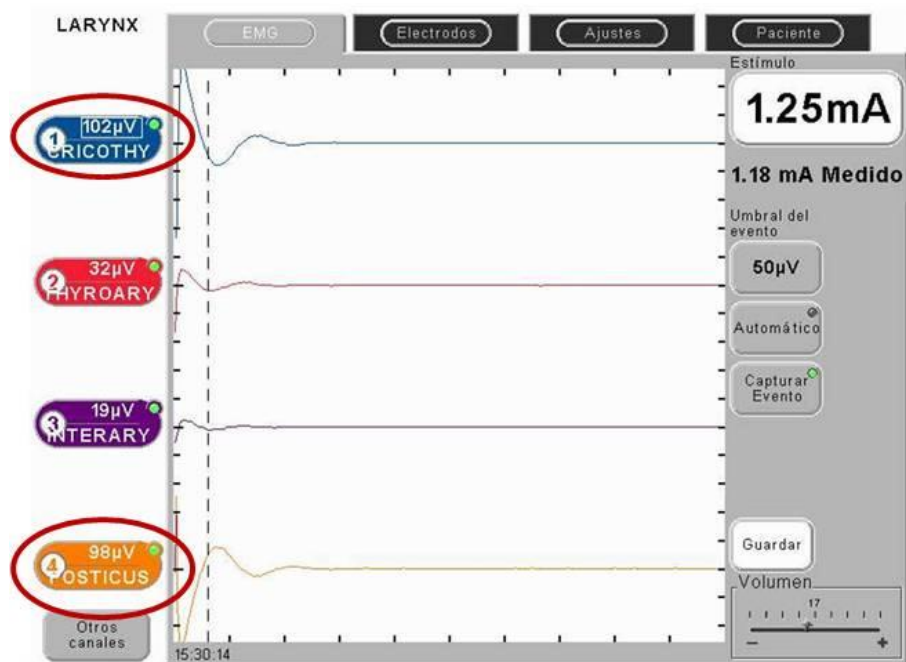


Tipo I Patrón electromiográfico **NLE**. Incluye únicamente la respuesta del músculo Cricotiroides.

- **Tipo II**, es el patrón en el que la estimulación del NLE evoca un potencial de respuesta motor que incluye además del músculo cricotiroides, otro de los músculos teóricamente inervados por el nervio laríngeo recurrente constando de este modo de varios subtipos en función del músculo con respuesta, presente en nuestro estudio en 3 Casos (caso1, caso2, caso11), uno TipoII subtipo Aritenoideo y 2 TipoII subtipo Cricoaritenideo Posterior).



Tipo II Patrón electromiográfico NLE. Subtipo Aritenoideo. Incluye repuesta del músculo cricotiroides y del músculo Aritenoideo.

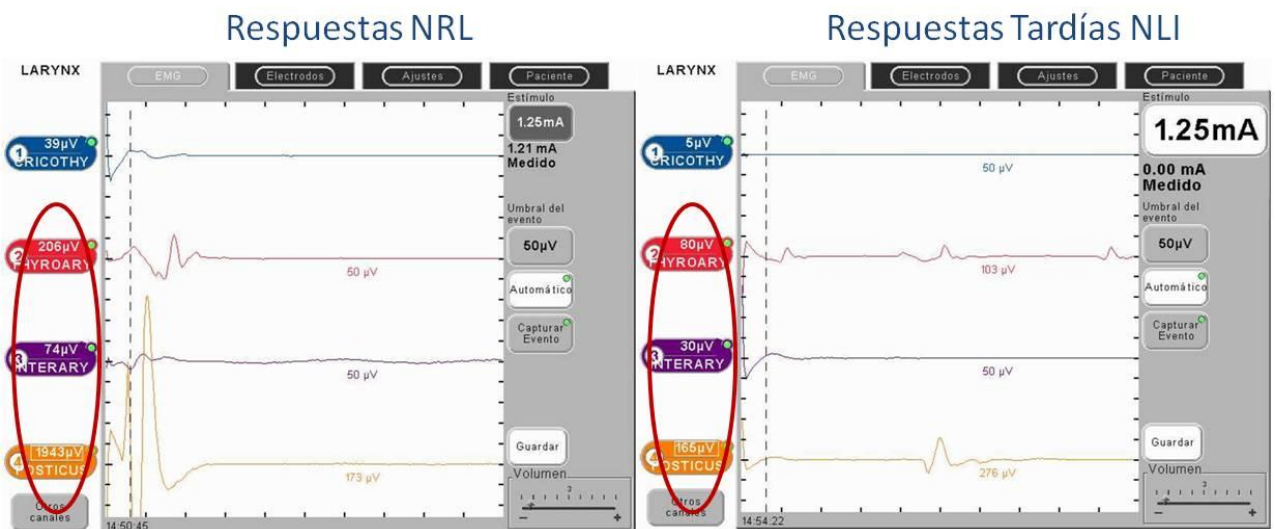


Tipo II Patrón electromiográfico NLE. Subtipo Cricoaritenideo Posterior. Incluye repuesta del músculo cricotiroides y del músculo Cricoaritenideo Posterior.

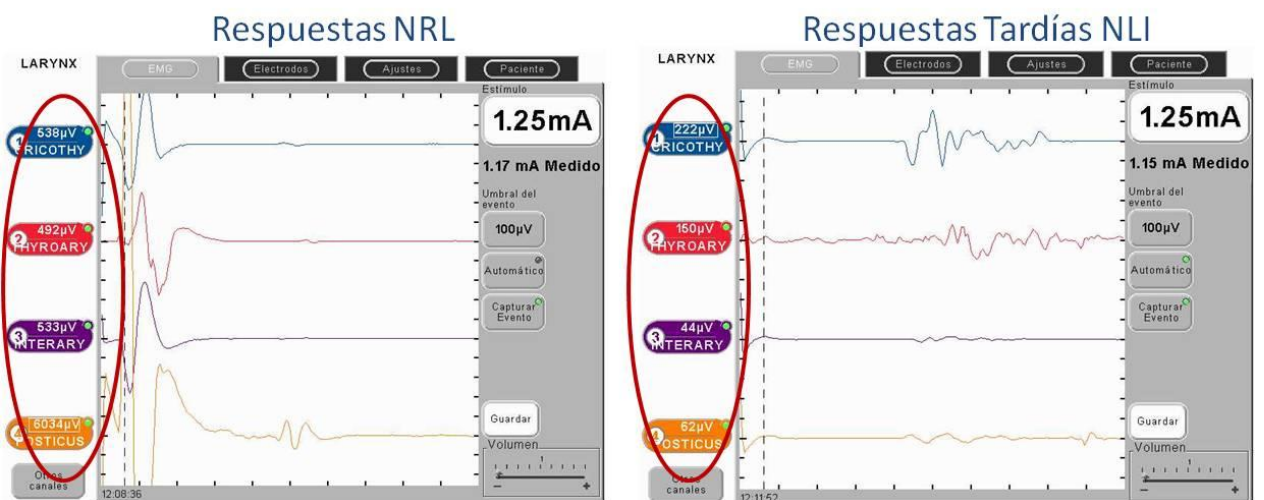
➤ **Estimulación nervio laríngeo interno:**

En la estimulación del NLI no hemos objetivado una respuesta electromiográfica que cumpla los criterios, pero si destaca la aparición de respuestas tardías que son el reflejo de las respuestas obtenidas tras la estimulación del nervio laríngeo recurrente laríngeo. Así, si tras la estimulación del nervio laríngeo recurrente aparecía una respuesta que incluía todos los músculos salvo el cricotiroideo (patrón Tipo I), tras la estimulación del nervio laríngeo interno, aparecían solo potenciales tardíos de estos músculos y nunca del cricotiroideo. Por otro lado en aquellos casos que tras la estimulación del nervio laríngeo recurrente aparecía una respuesta que incluía todos los músculos, incluido el cricotiroideo (patrón Tipo II), tras la estimulación del nervio laríngeo interno, aparecían potenciales tardíos que incluían siempre al músculo cricotiroideo.

Por tanto estas respuestas tardías serían la demostración electromiográfica del reflejo glótico.



Reflejo Glótico Tipo I, tanto la estimulación del nervio laríngeo recurrente como la del nervio laríngeo Interno no incluye el músculo cricotiroides.



Reflejo Glótico Tipo II, tanto la estimulación del nervio laríngeo recurrente como la del laríngeo Interno incluye el músculo Cricotiroides.

B Disección anatómica de las conexiones:

➤ Conexiones entre nervio laríngeo Interno y nervio laríngeo recurrente laríngeo:

- Asa de Galeno: ha sido identificada en el 100% de los casos en los que se ha podido buscar (8 casos) ya que en algunos casos la conservación de la mucosa retrocricoidea ha hecho que esta disección no fuera posible (6 casos).

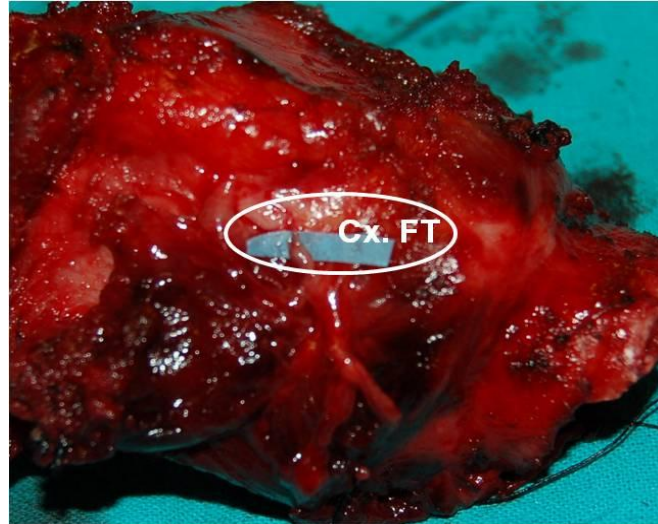


Ramo comunicante de Galeno entre NLI y NLR.

- Plexo Aritenoideo: ha sido identificado en 1 de 14 casos. (Caso 3).

➤ Conexiones entre nervio laríngeo Interno y nervio laríngeo externo:

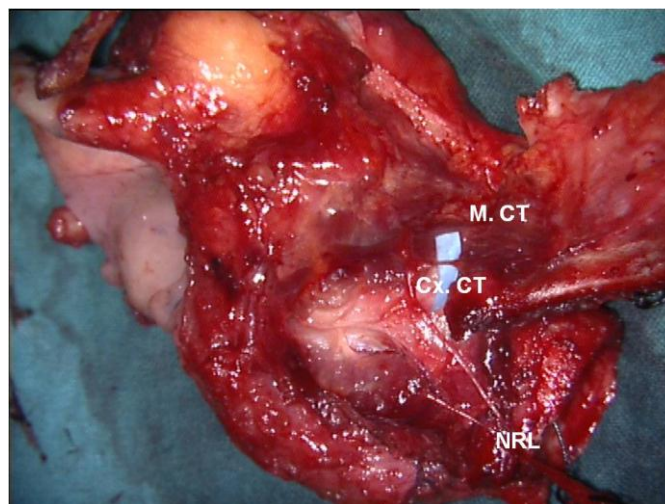
- Foramen Tiroideo: esta conexión se ha identificado en 3 de 14 casos (Caso 1, Caso 2, Caso9).



Conexión Foramen Tiroideo entre NLI y NLE.

➤ **Conexiones entre nervio laríngeo Interno y nervio laríngeo externo:**

- Conexión cricotiroides: esta conexión se ha identificado en 9 de 14 casos (Caso2, Caso3, Caso4, Caso5, Caso6, Caso9, Caso10, Caso11, Caso12)



Conexión Cricotiroides entre NLR y NLE.

C Correlación resultados electromiográficos conexiones:

En todos los pacientes en los que la estimulación electromiográfica del NLR mostraba un patrón Tipo II, ha sido identificada una conexión cricotiroides.

De los 2 pacientes en los que la estimulación electromiográfica del NLE mostro un patrón Tipo II subtipo Cricoaritenoides Posterior, en uno de ellos se identifico una conexión cricotiroides y en otro un foramen tiroideo. En el paciente en el que la estimulación electromiográfica del NLE mostro un patrón Tipo II subtipo Aritenoides se identifico un foramen Tiroideo.

Patrones EMG- Conexiones				
	NLR	NLE	NLI	CONEXIONES
Caso 1	Tipo I	Tipo II s. A	R Tipo I	FT, RCG
Caso 2	Tipo II	Tipo II s. CAP	R Tipo II	CT, FT, RCG
Caso 3	Tipo II	Tipo I	-	CT, RCG
Caso 4	Tipo II	Tipo I	R Tipo II	CT, RCG, PAS
Caso 5	Tipo I	Tipo I	R Tipo I	CT, RCG
Caso 6	Tipo II	Tipo I	R Tipo II	CT, RCG
Caso 7	Tipo I	Tipo I	R Tipo I	-
Caso 8	Tipo I	Tipo I	R Tipo I	RCG
Caso 9	Tipo II	Tipo I	-	CT,FT
Caso 10	Tipo II	Tipo I	R Tipo II	CT
Caso 11	Tipo II	Tipo II s. CAP	R Tipo II	CT, RCG
Caso 12	Tipo I	Tipo I	-	CT
Caso 13	Tipo I	Tipo I	R Tipo I	-
Caso 14	Tipo I	Tipo I	-	-

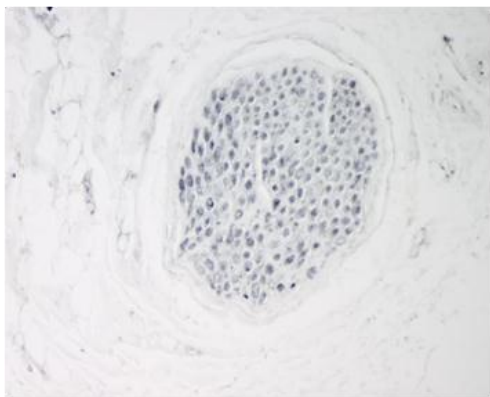
s. A: subtipo Aritenoides; s.CAP: subtipo Cricoaritenoides Posterior; CT: cricotiroides, FT: Foramen Tiroideo; RCG: Ramo comunicante de Galeno; PAS: Plexo Aritenoides superficial.

Procedimiento complementario: inmunohistoquímica:

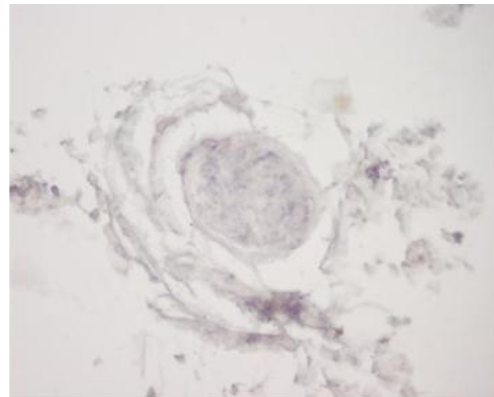
En los casos en los que se ha llevado a cabo hemos obtenido los siguientes resultados:

RESULTADOS INMUNOHISTOQUIMICA (CHAT)			
Laringe 2	Cricotiroidea +++	Galeno -	Foramen +
Laringe 4		Galeno -	
Laringe 9	Cricotiroidea +++		Foramen -
Laringe 12	Cricotiroidea -		

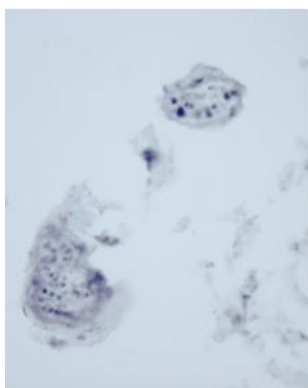
Resultados Inmunohistoquímica CHAT



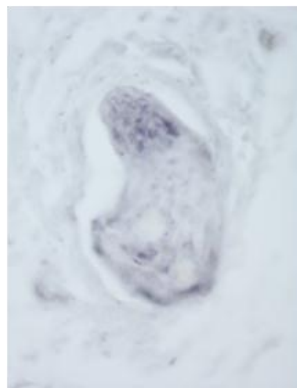
CHAT + Nervio Recurrente



CHAT - Foramen Tiroideo



**CHAT +
Cricotiroidea**



**CHAT Parcialmente +
Cricotiroidea**



**CHAT -
Cricotiroidea**

Ejemplos Resultados Inmunohistoquímica

4 DISCUSIÓN

Discusión:

En el momento actual, en el campo de la neuroanatomía laríngea se mantienen diversos puntos de controversia que ponen en duda el patrón de innervación laríngea aceptado hasta ahora. En este patrón clásico afirma que todos los músculos intrínsecos de la laringe están innervados por el NLR excepto el músculo cricotiroides (innervado por el NLE) y que todos ellos reciben una única rama nerviosa. En este patrón además se describe la existencia del asa de Galeno es descrita como única conexión entre los nervios laríngeos, con un papel puramente sensitivo (Onodi, 1902; Lemere, 1932; Testut y Latarjet, 1972; Williams, 1995).

Desde el punto de vista clínico esta controversia cobra, si cabe, más relevancia ya que este patrón clásico no explica, por ejemplo, el por qué los pliegues vocales adoptan distintas posiciones tras una lesión del NLR al mismo nivel topográfico. Esto ha sido objeto de numerosos trabajos y teorías a lo largo de los años, de ellas una de las primeras en ser aceptadas fue la de Rosenbach (1880) y Semon (1881) que proponían que la organización topográfica del nervio recurrente era la responsable de la gran variabilidad encontrada en las parálisis laríngeas, debido a que las fibras nerviosas para los músculos abductores eran más sensibles a la lesión que las destinadas a los músculos adductores, situadas más profundamente, de forma que en una lesión nerviosa progresiva, los pliegues vocales primero asumen una posición mediana y posteriormente una posición lateral.

Posteriormente, a finales del siglo XIX la conocida como la teoría de Wagner (1890) y Grossmann (1897), proponía que una parálisis total del nervio recurrente inmoviliza a los pliegues vocales en una posición paramediana por el efecto adductor del músculo cricotiroides intacto (innervado por el NLE) y que tan sólo la parálisis conjunta de los NLR y NLE, provocaría la inmovilización del pliegue vocal en una posición intermedia o cadavérica. Esta última teoría ha sido aceptada por la mayoría de autores a lo largo del siglo XX. Las excepciones a la misma han sido explicadas por una distorsión causada por la excesiva compensación de un pliegue vocal normal a lo largo de la línea media (parálisis intermedia que podría ser confundida por una parálisis paramediana), o por una atrofia excesiva y acortamiento del pliegue vocal paralizado (parálisis paramediana confundida con una parálisis intermedia) (Dedo, 1970). Sin embargo, estudios clínicos y experimentales han demostrado que la posición de los pliegues vocales en las parálisis laríngeas no está determinada por el estatus de innervación del músculo cricotiroides (Hiroto y Hirano, 1967; Woodson, 1993a; Blitzer y Cols., 1995; Koufman y Cols., 1995).

Por otro lado, estudios electromiográficos en humanos han demostrado la persistencia de algún grado de actividad voluntaria en la laringe, incluso cuando los nervios parece que han sido inequívocamente seccionados. Esta teoría se basa por tanto, en que la variabilidad en la posición de los pliegues vocales paralizados, se debe a la existencia de algún grado de innervación residual (Woodson, 1993b). De la misma forma, estudios electromiográficos en perros han sugerido que, esta variabilidad, se debe a fenómenos de reinervación aberrante, en las que grupos musculares adductores son reinervados por axones destinados a la musculatura abductora o viceversa. En

estas situaciones se crea una activación no sincronizada de los diferentes grupos musculares, fenómeno que se conoce como sincinesias (Crumley, 1982; Rice, 1982). Sin embargo, el hecho de que la posición diferente que adoptan los pliegues vocales tiene lugar inmediatamente después de la lesión, cuando no ha habido tiempo para la reinervación, hace que esta teoría no esté totalmente aceptada.

Finalmente una de las teorías menos estudiadas, y que goza de buenas perspectivas tras los primeros estudios, es el papel de las conexiones entre los nervios laríngeos. Estas conexiones pueden ser el factor responsable de la existencia de una innervación residual, explicando la variabilidad de la posición de los pliegues vocales. En este sentido, ha sido ya demostrado en el perro que el músculo tiroaritenosoide obtiene una fuente secundaria de innervación a través de la conexión entre los nervios NLE y NLR (Nasri y Cols., 1997).

La presencia de estas conexiones, salvo el Asa de Galeno, ha sido descrita fugazmente en la literatura (Weinzweig, 1882; Dilworth, 1921; Hovelacque, 1927; Lemere, 1932; Winckler, 1948; Williams, 1951; Mayet, 1956; Afifi, 1970; Jelisiejew y Szmurlo, 1972; Rueger, 1972; Demmel, 1978; Migueis y Cols., 1989; Sanders y Cols., 1993; Nguyen y Cols., 1990; Mu y Cols., 1994; Wu y Cols., 1994; Leon y cols., 1997) y es gracias a los avances tecnológicos cuando ha sido posible realizar una actualización de la descripción anatómica de estas conexiones sin haberse podido demostrar aún su papel fisiológico (Sañudo y Cols., 1999; Marañillo y Cols., 2003).

Por tanto, el objetivo del presente estudio es esclarecer el patrón de innervación laríngea en el humano, demostrando el papel que las conexiones entre los nervios laríngeos puedan tener. Para ello, hemos realizado un estudio *in vivo* basándonos en los estudios anatómicos previos , que proponían una posible innervación dual de la musculatura laríngea (Exner, 1884; New y Cols., 1923; Mayet, 1956; Keros y Nemanic, 1967; Sanders y Cols., 1995) , en los estudios electromiográficos que demostraban la presencia de una innervación residual (Woodson, 1993b; Koufman y Cols., 1995) y en los estudios que han demostrado la existencia de una innervación dual en el músculo tiroaritenodeo del perro (Nasri y Cols., 1997).

Este trabajo, a diferencia de otros estudios clínicos electromiográficos previos (Hiroto y Hirano, 1963; Dedo, 1970; Koufman y Cols., 1995; Blitzer y Cols., 1995) ha sido diseñado para monitorizar de forma directa, en el quirófano, cada músculo intrínseco de la laringe, por medio de electrodos pareados intramusculares, tras la estimulación selectiva de cada uno de los nervios laríngeos, previamente localizados e identificados. En este sentido este tipo de estudio electromiográfico intraoperatorio, ha ofrecido como ventaja la seguridad de valorar correctamente la respuesta muscular, ya que tras estimular al nervio, hemos podido objetivar *in vivo* la movilidad real de la musculatura, dotando a los resultados de mayor validez.

Igualmente, dado que el paciente iba a ser laringectomizado por motivos oncológicos, hemos tenido la posibilidad de estudiar paralelamente, en el mismo órgano, la correspondencia anatómica de esas respuestas, al realizar la microdissección de su innervación, identificando las conexiones presentes.

En el análisis de las respuestas obtenidas tras la estimulación del NLR, a parte de los casos en los que se obtuvo un patrón de respuesta compatible con el patrón anatómico clásico (Patrón electromiográfico NLR tipo I, respuesta de músculos aritenoides, tiroaritenoides y cricoaritenoides posterior), destaca que en 7 de 14 casos se obtuvo como respuesta lo que hemos denominado Patrón electromiográfico NLR Tipo II, en el que, además de obtenerse la respuesta de los músculos citados en el patrón Tipo I, se incluye también la respuesta del músculo Cricotiroideo.

Esta respuesta fue validada como respuesta motora, al cumplir los criterios electromiográficos de amplitud, latencia y forma (Faaborg-Anderson, 1957), e igualmente en algunos casos se objetivó macroscópicamente el movimiento de estos músculos.

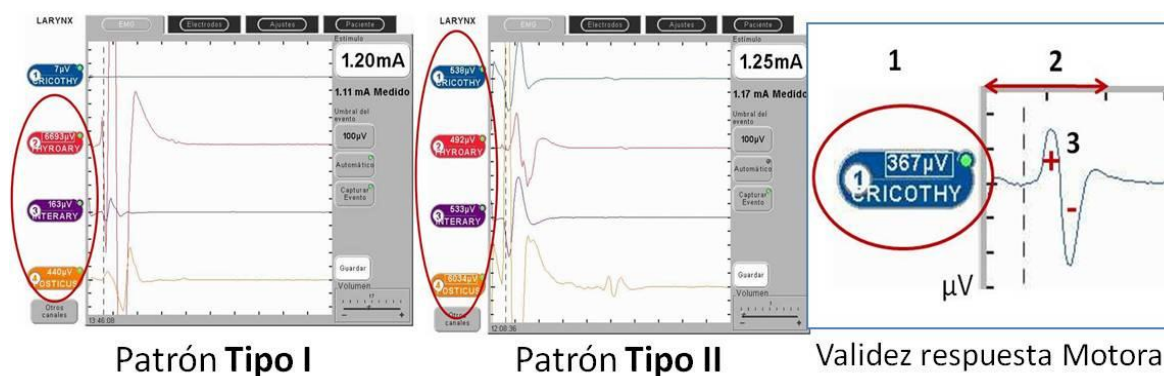


Figura 1 Patrones electromiográficos NRL. Criterio validez respuesta motora

Este hecho sugiere en estos casos que el músculo Cricotiroideo no tiene, como clásicamente se creía, una innervación única procedente del NLE (Grossmann, 1906; Lemere, 1932), sino que además, tendría una segunda fuente de innervación procedente del NLR, cosa que, aunque sugerida, hasta ahora no había sido demostrada (Muller y Cambell, 1948; Mayet, 1956).

En todos estos pacientes, en los que se obtuvo un patrón electromiográfico NLR Tipo II, se identificó una conexión cricotiroides; unión entre el NLE y NLR. Se han descrito distintos patrones anatómicos de esta conexión mostrando que hasta en un 73% esta conexión da ramas colaterales que se dirigen a la región cricotiroides. Así en el 23% se pueden identificar de forma directa hasta el músculo cricotiroides, y en el 50% hacia la cara anterior o superior de la región cricotiroides (Maranillo y Cols 2003). Por tanto consideramos que estas colaterales son las responsables de este patrón electromiográfico tipo II del NRL.

Finalmente, para acabar de corroborar la naturaleza motora de esta conexión cricotiroides, hemos realizado su estudio inmunohistoquímico quedando confirmada la presencia de fibras motoras.

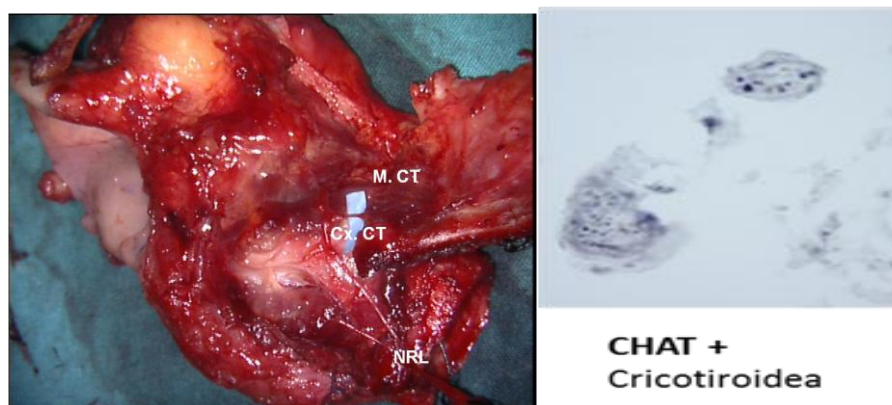


Figura 2 Conexión cricotiroides NRL-NLE hacia el músculo Cricotiroides. Inmunohistoquímica

Conexión cricotiroides perteneciente a un caso con Patrón electromiográfico NLR tipo II.

En cuanto a las respuestas electromiográficas registradas tras la estimulación del NLE, aparte de la respuesta esperada en el patrón clásico de innervación, denominado patrón electromiográfico NLE Tipo I (única respuesta en el músculo Cricotiroides), hemos registrado en 3 casos, además, una respuesta del músculo Cricoaritenoides posterior y en un caso del músculo Aritenoideo, cumpliendo ambas respuestas los criterios de respuesta motora: amplitud, latencia y forma (Faaborg-Anderson, 1957).

En este sentido hemos denominado patrón electromiográfico NLE tipo II a todas las respuestas que además de incluir al músculo Cricotiroides incluían alguno de los restantes músculos intrínsecos de la laringe, teóricamente innervada por el NLR. En función del músculo registrado hemos clasificado las respuestas de este patrón NLE Tipo II en varios subtipos. Así en nuestro trabajo registramos en 3 casos un patrón tipo II subtipo CAP (Cricoaritenoides Posterior) y en un caso un subtipo A (Aritenoideo).



Figura 3 Patrones electromiográficos NLE

Estos resultados confirmarían la posibilidad de una fuente secundaria de innervación laríngea para los músculos Cricoaritenoides Posterior y Aritenoideo,

hecho que ya había sido indicado, pero no demostrado, mediante trabajos anatómicos previos (Winckler, 1948; Lang y Cols., 1986; Nguyen y Cols., 1989,1990; Sanders y Cols., 1994 ; Wu y Cols., 1994; Maranillo y Cols., 2003; Maranillo y cols, 2005) en los que se describen diversos patrones de innervación para cada músculo con la presencia de varias ramas nerviosas, contradiciendo así la creencia clásica de la innervación simple de cada músculo (Grossmann, 1906; Lemere,1932).

Sin embargo en el presente trabajo no hemos podido confirmar en humano, los resultados descritos en el perro para el músculo Tiroaritenoso donde se mostró la presencia de lo que denominaríamos un patrón electromiográfico NLE tipo II subtipo TA (Nasri y Cols., 1970).

La explicación a estos patrones electromiográficos NLE tipo II estaría justificada por la presencia de conexiones entre los nervios laríngeos; concretamente la conexión cricotiroidea a través de los subtipos de esta conexión ya descritos en estudios anteriores (Sañudo y Cols., 1999; Maranillo y Cols., 2003), siendo el subtipo a, la conexión en relación a la salida de la rama para el músculo Cricoaritenoso posterior y subtipo b, en relación a la salida de la rama para el músculo Aritenoso. Se identificó, en dos casos, una conexión a través del foramen tiroideo y si bien en las técnicas de inmunohistoquímica si se demostraba una naturaleza motora en las conexiones cricotiroideas en casos con estos patrones NLE tipo II, no se demostró para la conexión foramen tiroideo.

En relación a la estimulación de nervio laríngeo interno hemos registrado la representación electromiográfica de lo que hemos llamado “Reflejo Glótico” ya

que tras el estímulo del nervio laríngeo interno hemos registrado unas respuestas electromiográficas evocadas, que si bien no cumplen los criterios de validez ya que la latencia de las respuestas es mayor de 2ms, son producidas por los mismos músculos que habían evocado una respuesta tras estimular el NLR. De este modo, al igual que tenemos dos patrones de respuesta electromiográfica tras el estímulo del NLR tenemos dos patrones de Reflejo Glótico.

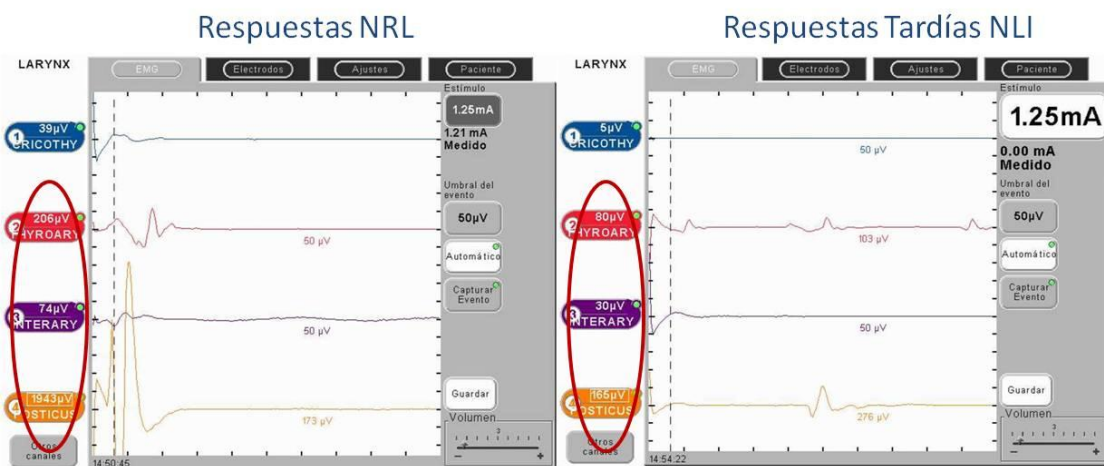


Figura 4 **Reflejo Glótico Tipo I**, tanto la estimulación del nervio recurrente como la del nervio laríngeo Interno no incluye el músculo cricotiroides.

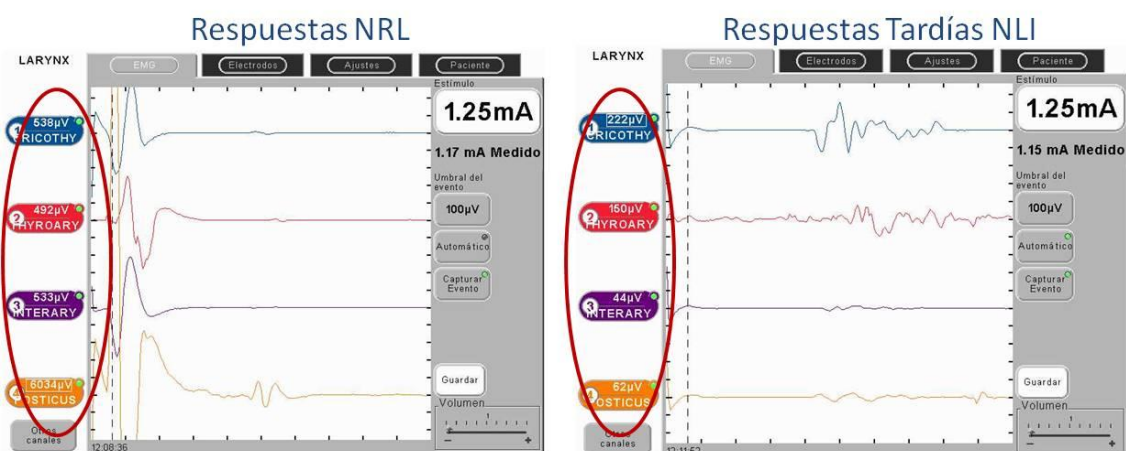


Figura 5 **Reflejo Glótico Tipo II**, tanto la estimulación del nervio recurrente como la del laríngeo Interno incluye el músculo Cricotiroideo

Esta presencia de un Reflejo Glótico que se equipara al patrón electromiográfico NLR, es un dato que ha dado mayor validez a los resultados obtenidos en el procedimiento electromiográfico de este trabajo.

Con este estudio morfofuncional hemos confirmado la complejidad de lo que realmente es la neuroanatomía laríngea en contraste con el patrón clásico de innervación laríngea (Onodi, 1902, Lemere, 1932, Testut y Latarjet, 1972, Williams, 1995). Ofrecemos nuevas evidencias en relación a la innervación laríngea, de manera que, correlacionando los resultados electromiográficos y los resultados morfológicos, podemos afirmar que las diferentes conexiones entre los nervios laríngeos explicarían el patrón electromiográfico en cada paciente. De manera que la musculatura de la laringe tendría de forma variable inter e intraindividual, una segunda fuente de innervación a través de estas conexiones entre los nervios laríngeos.

Las conexiones entre los nervios laríngeos deben ser consideradas con características motoras, pudiendo desempeñar un papel en la movilidad de los pliegues vocales. Así estos patrones variables de innervación pueden ayudar a entender las distintas posiciones que el pliegue vocal adquiere tras una lesión nerviosa a igual nivel.

Por otro lado, la falta de atrofia del músculo cricotiroideo en los casos de parálisis aislada del nervio laríngeo superior, puede ser explicada por la presencia de una conexión cricotiroidea que permite obtener una respuesta electromiográfica evocada del músculo cricotiroideo tanto del nervio recurrente

laríngeo como del nervio laríngeo externo de forma que, aunque este último este dañado, el músculo cricotiroides seguiría teniendo un grado de actividad a través del nervio recurrente laríngeo, explicando la presencia de una innervación residual.

Igualmente, la no presencia de una posición paramediana de los pliegues vocales tras la lesión aislada del nervio recurrente laríngeo o, por el contrario, la presencia de una posición intermedia o abierta podría ser explicada por la innervación residual del músculo Cricoaritenoides posterior (músculo abductor) a través del nervio laríngeo externo por el *subtipo a* de conexión cricotiroides.

Adicionalmente a esto, los primeros resultados en cuanto al estudio inmunohistoquímico de estas conexiones, parecen mostrar la presencia de células de naturaleza motora en dichas conexiones, confirmando así nuestros resultados, quedando pendiente, en futuros estudios, la realización de su proyección a nivel de sistema nervioso central mediante el marcaje retrógrado de dichas conexiones para establecer definitivamente su papel motor.

5 CONCLUSIONES

Conclusiones:

1º La neuroanatomía laríngea no puede ser entendida según el patrón clásico de innervación laríngea.

2º Los Resultados de la presente tesis muestran la presencia de esquemas variables de innervación que contradicen este patrón y son capaces de explicar mejor la función laríngea.

3º La musculatura laríngea en algunos especímenes recibe una innervación motora suplementaria.

4º En la innervación motora del musculo cricotiroides pueden participar tanto el nervio laríngeo superior, con su rama externa como el nervio recurrente laríngeo (7 de 14 en nuestro estudio).

5º El resto de musculatura intrínseca de la laringe podría recibir aporte nervioso no solo del nervio recurrente laríngeo sino también de la rama externa del nervio laríngeo superior (4 de 14 en nuestro estudio).

6º Ese aporte complementario se realiza a través de las fibras motoras que los nervios laríngeos emiten hacia las conexiones que estos presentan entre ellos.

7º De todas las conexiones, la conexión cricotiroides ha explicado estos esquemas variables de innervación y así a través de sus diferentes patrones anatómicos esta conexión permite la llegada de fibras nerviosas de los distintos nervios laríngeos para los distintos músculos laríngeos.

8º Finalmente es la presencia variable de estas conexiones entre los nervios laríngeos es el dato que explicaría el hallazgo de un patrón de innervación variable en cada individuo, incluso diferente entre ambas hemilaringes.

6 BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía:

Adzaku FK, Wyke B. Innervation of the subglottic mucosa of the larynx, and its significance. *Folia Phoniatr (Basel)*. 1979; 31:271-83

Andrew BL. A functional analysis of the myelinated fibres of the superior laryngeal nerve of the rat. *J Physiol*. 1956 ;133:420-32

Afifi AB. Study on the thyroid cartilage orifice and its neural content. *Arch Anat Histol Embryol*. 1970; 53: 273-87

Armstrong WG, Hinton JW. Multiple divisions of the recurrent laryngeal nerve. *Arch Surg* 1951; 62:532–539

Arnold GE. Vocal rehabilitation of paralytic dysphonia. V. Vocal symptomatology after bilateral loss of abduction. *AMA Arch Otolaryngol*. 1959; 70: 444-53

Arnold GE. Physiology and pathology of the cricothyroid muscle. *Laryngoscope*. 1961; 71: 687-753

Atkins J.P. Bethesda. An electromyographic study of recurrent laryngeal nerve conduction and its clinical applications. *Laryngoscope*. 1973; 83: 796-807

Barker EV. From grunts to words: experiments in laryngeal transplantation. *Ann R Coll Surg Engl*. 2007; 89: 197-202

Berlin DD, Lahey FH. Dissections of the recurrent and superior laryngeal nerves. *Surg Gynecol Obstet* 1929; 49:102–104.

Berke GS, Ye M, Block RM, Sloan S, Sercarz J. Orthotopic laryngeal transplantation: It is time?. *Laryngoscope* 1993; 103: 857-864

Birchall MA, Kingham PJ, Murison PJ, Ayling SM, Burt R, Mitchard L, Jones A, Lear P, Stokes CR, Terenghi G, Bailey M, Macchiarini P. Laryngeal transplantation in minipigs: vascular, myologic and functional outcomes. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2011; 268: 405-14

Bielamowicz S, Ludlow CL. Effects of botulinum toxin on pathophysiology in spasmodic dysphonia. Ann Otol Rhinol Laryngol. 2000; 109: 194-203

Birchall MA, Bailey M, Barker EV, Rothkötter HJ, Otto K, Macchiarini P. Model for experimental revascularized laryngeal allotransplantation. Br J Surg. 2002; 89: 1470-5

Blair RL, Berry H, Briant TD. Laryngeal electromyography - techniques, applications, and a review of personal experience. J Otolaryngol. 1977 ; 6: 496-504

Blalock A, Crowe SJ. The Recurrent Laryngeal Nerves in Dogs: Experimental Studies. Arch Surg. 1926; 12: 95-116

Blitzer A, Jahn AF, Keidar A. Semon's law revisited: an electromyographic analysis of laryngeal synkinesis. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1996;105: 764-769

Bowden REM, Scheuer J.L. Weights of Abductor Muscles of the Human Larynx. Jour. Laryngol. 1960. 74: 971-980

Buchtal F, Rosenfalk P. Spontaneous electrical activity of human muscles. EEG and Clin Neuroph 1956; 25: 321

Cannon CR. Laryngeal nerve monitoring during thyroidectomy. J Miss State Med Assoc. 1998; 39: 143-5

Capps FC. Abductor paralysis in theory and practice since Semon. J Laryngol Otol. 1958; 72: 1-31

Clerf LH, Baltzell WH. Re-evaluation of Semon's hypothesis. Laryngoscope. 1953; 63: 693-9

Crumley RL. Experiments in laryngeal reinnervation. Laryngoscope 1982; 92: 1-27

Dedo HH. The paralyzed larynx: an electromyographic study in dogs and humans. Laryngoscope. 1970; 80: 1455-517

Demmel U. On a nerve in the foramen thyroideum (author's transl). Anat Anz. 1978; 143: 456-65. Review. German

Dilworth T. The nerves of the human larynx. J. Anat. 1921; 22:48-52

Doty RW, Bosna JE. An electromyographic analysis of reflex deglutition. J Neurophysiol 1956; 19: 44

Edwards, T. M.: Progress in the Surgical Treatment of Bilateral Laryngeal Paralysis. Ann. Otol., Rhinol. and Laryngol., 1952; 61: 159-178

Exner S. Die Innervatio des Kehlopfes. [Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaft (Wien)] 1884; 89: 63-118

Faaborg-Andersen K. Electromyographic investigations of intrinsic laryngeal muscles in humans. Denmark: From the Institute of Neurophysiology University of Copenhagen, 1957

Fink BR, Basek M, Epanchin V. The mechanism of opening of the human larynx. The Laryngoscope, 1956; 66:410

Fink BR, Demarest RJ. Laryngeal biomechanics. Cambridge: Massachusetts Harvard University Press; 1978

Frazier CH, Johnson J. End-results of thyroid surgery. Ann Surg. 1935 ; 101: 1195-1199

Gacek RR, Malmgren LT, Lyon MJ. Localization of adductor and abductor motor nerve fibers to the larynx. Ann Otol 1977; 86:770–776

Gartlan MG, Peterson KL, Luschei ES, Hoffman HT, Smith RJ. Bipolar hooked-wire electromyographic technique in the evaluation of pediatric vocal cord paralysis. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1993; 102: 695-700

Greiner GF, Isch F, Lafont JC. EMG de la corde vocale et effects microphoniques. J Franc ORL 1958; 7: 23

Grossmann M. Experimentelle Beitrage zur Lehre von der “Posticuslähmung” Arch. Laryng. U. Rhin. 1897; 6: 282

Grossmann M. Funktionelle Becie Beziehung der Kehlkopfmuskeln. Arch. F. Laryng. U. Rhin. Bd., 1906; 18: 463

Guindi GM, Bannister R, Gibson WP, Payne JK. Laryngeal electromyography in multiple system atrophy with autonomic failure. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1981; 44: 49-53.

Haug M 3rd, Dan O, Wimberley S, Fritz M, Lorenz RR, Strome M. Cyclosporine dose, serum trough levels, and allograft preservation in a rat model of laryngeal transplantation. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2003; 112: 506-10

Hiroto I, Hirano M, Tomita H. Electromyographic Investigation of the Intrinsic Laryngeal Muscles Related to Speech Sounds. *Ann. Otol*. 1967; 76: 861-872

Hiroto I, Hirano M, Tomita H. Electromyographic. Investigations of human vocal cord parálisis. *Ann Otol* 1968;77:296-304

Hovelacque A. Anatomie des nerfs craniens et rachidiens et du systé`me grand sympathique chez l'homme. Paris: Ed Gaston Doin et Cie, 1927; 220–235

Jackson C, Jackson CL. Disease of the Nose, Throat and Ear. Second Edition. W. B. Saunders, Philadelphia, Pa., and London, England, 1959

Jelisiejew T, Szmurlo J. Structural varieties of the thyroid cartilage. *Folia Morphol (Warsz)*. 1972; 31: 127-32

Katsuki Y. The function of the phonatory muscles. *Jap. J Phisiol* 1950;1:29

Keros P, Nemanic D. The terminal Branching of the recurrent laryngeal nerve. *Pract Otorhinolaryngol* 1967; 29:5-10

Kienast A, Richter C, Neumann HJ. Intraoperative neuromonitoring of the recurrent laryngeal nerve--routine use in thyroid gland surgery. *Langenbecks Arch Chir Suppl Kongressbd*. 1998; 115: 1058-60

King BT, Gregg RL. An anatomical reason for the various behaviors of paralyzed vocal cords. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1948; 57:925–944

Kirchner JA. Surgical Injuries to Laryngeal Nerves. *Inst. Laryngol. And Otol. Report* 1963-1964; 14:27-34

Koufman JA, Walker FO, Joharji GM. The cricothyroid muscle does not influence vocal fold position in laryngeal paralysis. *Laryngoscope*. 1995; 105: 368-72

Koufman JA, Radomski TA, Joharji GM, Russell GB, Pillsbury DC. Laryngeal biomechanics of the singing voice. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1996; 115: 527-37

Lang J, Nachbaur S, Fischer K. Nn laryngei, Verzweigungen im Kehlkopfinneren. *Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch* 1986; 132:723–736

Laux G, Guerrier Y. L'innervation des muscles du larynx. *Bulletin de l'Association des Anatomistes* 1959; 105:46–62

Lee J., Templer J., W. Davis W.E. Missouri. Design and testing of a new electrode for laryngeal electromyography *Arch Otolaryngol*. 1978 ; 104: 685-686

Lemere F. Innervation of the larynx: I. Innervation of laryngeal muscles. *Amcr. Jour. Anat*. 1932; 51: 417-438

Lemere F. Innervation of the larynx: II. Ramus Anastomoticus and ganglion Cells of the Superior Laryngeal Nerve. *Anat. Rec.* 1932; 54: 389-402

Lemere F. Innervation of the larynx: III. Experimental Paralysis of the Laryngeal Nerve. *Arch Otol*. 1933; 18: 413-424

Lemere F. Innervation of the larynx IV. Analysis of Semon's Law. Ann Otol., Rhinol. and Laryngol. 1934; 43: 525-540.

León X, Marañillo E, Mirapeix RM, Quer M, Sañudo JR. Foramen Thyroideum: a comparative study in embryos, fetuses and adults. Laryngoscope 1997; 107:1146-1150

Lorenz RR, Dan O, Haug M 3rd, Strome M. Effects of adding steroids, in vitro irradiation, or both to cyclosporine immunosuppression in the murine laryngeal transplantation model. Ann Otol Rhinol Laryngol. 2002; 111: 455-9.

Lorenz RR, Dan O, Fritz MA, Nelson M, Strome M. Rat laryngeal transplant model: technical advancements and a redefined rejection grading system. Ann Otol Rhinol Laryngol. 2002; 111: 1120-7

Ludlow CL, Naunton RF, Sedory SE, Schulz GM, Hallett M. Effects of botulinum toxin injections on speech in adductor spasmodic dysphonia. Neurology. 1988; 38: 1220-5

Ludlow CL. Treatment for spasmodic dysphonia: limitations of current approaches. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg. 2009; 17: 160-5

Mackenzie M. A manual of Diseases of the Throat and Nose. J. and Churchill, London, England. 1880; 1: 242

Mahieu HF, van Lith-Bijl JT, Groenhout C, Tonnaer JA, de Wilde P. Selective laryngeal abductor reinnervation in cats using a phrenic nerve transfer and ORG 2766. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 1993; 119: 772-6

Maloney RW, Murcek BW, Steehler KW, Sibly D, Maloney RE. A new method for intraoperative recurrent laryngeal nerve monitoring. *Ear Nose Throat J.* 1994; 73: 30-3

Maranillo E, León X, Ibañez M, Orús C, Quer M, Sañudo JR. Variability of the nerve supply patterns of the human posterior cricoarytenoid muscle. *Laryngoscope.* 2003; 113(4):602-606

Maranillo E, León X, Quer M, Orús C, Sañudo JR. Is the external laryngeal nerve an exclusively motor nerve? The cricothyroid connection branch. *Laryngoscope.* 2003; 113(3):525-529

Maranillo E, Leon X, Orus C, Quer M, Sanudo JR. Variability in nerve patterns of the adductor muscle group supplied by the recurrent laryngeal nerve. *Laryngoscope.* 2005; 115(2):358-62

Marcum KK., Wright Scjr. Kemp ES., Kitse DJ. A novel modification of the ansa to recurrent laryngeal nerve reinnervation procedure for young children. *Int J Pediatr. Otorhinolaryngol.* 2010; 11: 1335-1337.

Mayet A. Zur innervation des m. cricothyreoideus. *Anat Anz* 1956; 103:340–343.1956

Mermelstein M, Nonweiler R, Rubinstein EH. Intraoperative identification of laryngeal nerves with laryngeal electromyography. *Laryngoscope.* 1996; 106: 752-6

Migueis A, Ucelay I, Migueis J, Urtasun A, Traissac L. Galen's anastomosis, an anatomic study in man. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord).* 1989; 110: 423-5.

Mu L, Sanders I, Wu BL, Biller HF. The intramuscular innervation of the human interarytenoid muscle. *Laryngoscope*. 1994; 104: 33-9

Murtagh JA. The Respiratory Function of the Larynx. Preliminary Report. *Ann. Otol., Rhinol. and Laryngol.*, 1945; 54: 307-321

Murtagh JA, Campbell CJ. The respiratory function of the larynx; the elementary physiology of the recurrent laryngeal nerve. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1948; 57: 465-72

Murtagh JA. Physiology of the Recurrent Laryngeal Nerve: Report on Progress. *Jour. Clin. Endocrinol. And Metabol.* 1952; 12: 1398-1401

Nasri S, Beizai P, Ye YM, Sercarz JA, Kim YM, Berke GS. Cross-innervation of the thyroarytenoid muscle by a branch from the external division of the superior laryngeal nerve. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1997;106: 594-8

New GB. Larynx in Disease of Thyroid. *Ann. Clin. Med.* 1923; 1: 262

Nguyen M, Junien-Lavillauroy C, Faure C. Anatomical intralaryngeal anterior branch study of the recurrent (inferior) laryngeal nerve. *Surg Radiol Anat* 1989; 11:123–127

Nguyen M, Junien-Lavillauroy C. An intralaryngeal anatomical study of the anterior branch of the recurrent laryngeal nerve. *Rev Laryngol* 1990; 111:153–155

Nordland M. The larynx as related to surgery of the thyroid based on an anatomical study. *Surg Gynecol Obstet* 1930; 51: 449-459

Onodi A. Die Anatomie und Physiologie der Kehlkopfnerven. Berlin, Germany, 1902

Ogura J.H., Harvey JE, Mogi G. Further experimental observations of transplantation of canine larynx. Laryngoscope 1970; 80: 1231-1243

Pascual-Font A, Marañillo E, Vázquez T, Sañudo JR, Valderrama-Canales FJ. On the number and morphometrical parameters of the nucleus ambiguus neurons after the injury and regeneration of the recurrent laryngeal nerve in the rat. Acta Otorrinolaringol Esp. 2008; 59:163-9

Pichler H, Gisel A. The clinical significance of the ramification of the recurrent laryngeal nerves. Laryngoscope 1957; 67:105–117

Poirier , Charpy A. Traité d'Anatomie humaine. Paris: Ed Masson et cie. 1899: 763-765

Portmann G, Robin JL. Premières réalisations de l'EMG de la corde vocale chez l'homme. Paris: 53 Congrès d'ORL 1956

Pressman JJ, Kelemen G. Physiology of the larynx. Physiol Rev. 1955 ;35(3): 506-54

Rice DH. Laryngeal reinnervation. Laryngoscope 1982; 92: 1049-1059

Rice DH, Cone-Wesson B. Intraoperative recurrent laryngeal nerve monitoring. Otolaryngol Head Neck Surg. 1991; 105: 372-5

Rosenbach O. Zur Lehre von Doppelseitigen Totalen Laehmung des nerv. Laryngeus Inferior (Recurrens) Breslau Aerztliche Zeitschrift. 1880; 2: 14-16/27-30

Roncallo P. Researches about ossification and conformation of the thyroid cartilage in men. Acta Otolaryngol. 1948; 36: 110-34

Rueger RS. The superior laryngeal nerve and the interarytenoid muscle in humans: an anatomical study. Laryngoscope. 1972; 82) :2008-31

Rustad WH, Morrison LF. Revised anatomy of the recurrent laryngeal nerves: surgical importance based on the dissection of 100 cadavers. Laryngoscope 1952; 62:237–249

Sanders I, Wu BL, Mu L, Li Y, Biller HF. The innervation of the human larynx. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1993; 119:934–939

Sanders I, Wu BL, Mu L, Biller HF. The innervation of the human posterior cricoarytenoid muscle: evidence for at least two neuromuscular compartments. Laryngoscope 1994; 104:880–884

Sanders I, Li Y, Biller H. Axons enter the human posterior cricoarytenoid muscle from the superior direction. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1995; 121:754–75

Sanders I, Mu L. Anatomy of the human internal superior laryngeal nerve. Anat Rec. 1998; 252:646-56. 7.

Sañudo JR, Maranillo E, León X, Mirapeix RM, Orús C, Quer M. An anatomical study of anastomoses between the laryngeal nerves. *Laryngoscope* 1999; 109: 983–987

Sataloff RT, Mandel S, Mann EA, Ludlow CL; AAEM Laryngeal Task Force. Laryngeal electromyography: an evidence-based review. *Muscle Nerve*. 2003 ; 28: 767-72

Sato I, Shimada K. Arborization of the inferior laryngeal nerve and internal nerve on the posterior surface of the larynx. *Clin Anat* 1995;8:279-387

Schweizer V, Dörfel J. The anatomy of the inferior laryngeal nerve. *Clin Otolaryngol* 1997; 22:362–369.

Semon F. Clinical Remarks: On the Proclivity of the Abductor Fibers of the Recurrent Laryngeal Nerve to Become Affected Sooner Than the Adductor Fibers or Even exclusively, in cases of undoubted Central or Peripheral Injury or Disease of the Roots or Trunks of the Pneumogastric, Spinal Accessory or Recurrent Nerves. *Arch. Laryngol*. 1881 2: 197-222

Semon F. The Study of Laryngeal Paralysis Since the Introduction of the Laryngoscope. *Brain* 1892; 15: 471-521

Spoor A. Emg of human vocal cords. *Pract ORL* 1958;20:314

Strome M, Wu J, Strome S, Brodsky G. A comparison of preservation techniques in a vascularized rat laryngeal transplant model. *Laryngoscope*. 1994; 104: 666-8

Strome M, Strome S. Laryngeal transplantation: a program for investigating new parameters. *J Voice*. 1994; 8: 92-4

Suzuki M, Kirchner JA. Afferent nerve fibers in the external branch of the superior laryngeal nerve in the cat. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1968 ;77(6):1059-70

Testut L, Latarjet A. *Tratado de Anatomía Humana*. Barcelona: Salvat 1972. Vol I: 882-942

Tanaka S, Nakatani T, Mizukami S, Lee HY, Chung IH. A variant branch of the internal laryngeal nerve supplying filaments to the cricothyroid muscle: an autopsy case. *Acta Anat Nippon* 1997;72:135–139.

Thomson St C. *Disease of the Nose and Throat*. Sixth Edition, Revised by V. E. Negus. Cassel and Company, Ltd London, England, 1955

Van Derberg S. *Larynx et Phonation*. Press Univers de France, 1957

Van Lith-Bijl JT, Stolk RJ, Tonnaer JA, Groenhout C, Konings PN, Mahieu HF. Laryngeal abductor reinnervation with a phrenic nerve transfer after a 9-month delay. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1998; 124: 393-8

Vogel K. Erklärung der Psticusstellung bei Recurrenslähmung. *HNO*. 1952; 3:1-2

Waldeyer Z. Zur Individual und Rassenanatomie des menschlichen Kehlkopfes. *Z Morpholog Anthropolog* 1927; 26:68-126

Wang W., Chen S., Chen D., Xia S., Qiu X, Liu Y, Zheng H. Contralateral ansa cervicalis-to-recurrent laryngeal nerve anastomosis for unilateral vocal fold

paralysis: a long-term outcome analysis of 56 cases. Laryngoscope. 2011; 121: 1027-1034.

Wagner R. Die Medianstellung der Stimban der bei der Rekurrenslähmung. Arch. Path. Anat. Physiol. 1890. 120: 437-459, 124: 127

Weddel G, Feinstein B, Pattle R.E. The Electrical Activity of Voluntary Muscle in Man Under Normal and Pathological Conditions. Brain. 1944; 67: 178-256

Weeks C, Hinton JW. Extralaryngeal division of the recurrent laryngeal nerve. Ann Surg 1942; 116:251–258

Weinzweig E. Sur Anatomie der Kehlkopfnerven. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaft (Wien) 1882; 86:33-40

Winckler G. Remarques sur l'innervation motrice et sensitive des muscles du larynx. Comptes rendus de l'Association des Anatomistes 1948; 55:424–426

Williams AF. The Nerve Supply of the Laryngeal Muscles. Jour. Laryngol. And Otol. 1951; 65:343-348

Williams AF. The Recurrent Laryngeal Nerve and Thyroid Gland. Jour. Laryngol. And Otol. 1954; 68:719-725

Williams PL. Gray's Anatomy 38th ed. New York: Churchill-Livingstone, 1995: 1253

Woo P, Arandia H. Intraoperative laryngeal electromyographic assessment of patients with immobile vocal fold. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1992 ;101: 799-806

Woodson GE. Configuration of the glottis in laryngeal paralysis. I: Clinical study. Laryngoscope. 1993; 103: 1227-34

Woodson GE. Configuration of the glottis in laryngeal paralysis. II: Animal experiments. Laryngoscope. 1993; 103: 1235-41

Wu BL, Sanders I, Mu L, Biller HF. The human communicating nerve. An extension of the external superior laryngeal nerve that innervates the vocal cord. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 1994; 120:1321–1328

Yoshida Y, Tanaka Y, Mitsumasu T, Hirano M, Kanaseki T. Peripheral course and intramucosal distribution of the laryngeal sensory nerve fibers of cats. Brain Res Bull. 1986; 17: 95-105

